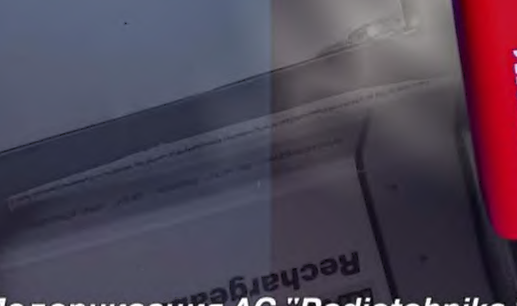
www.radio.ru



АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Широкополосный АМ-приёмник диапазона 118...137 МГц



- Модернизация АС "Radiotehnika S-50B"
- Восстанавливаем аккумуляторы
- Терменвокс "Paradox"
- Выключатель освещения на основе HC-SR04

...и ещё 12 конструкций


ISSN-0033-765X

6
2018



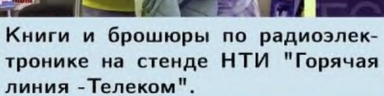
"СВЯЗЬ"

ЮБИЛЕЙНАЯ

30-я Международная выставка

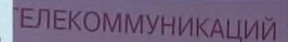
«РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ» 24–27.04.2018





Книги и брошюры по радиоэлектронике на стенде НТИ "Горячая линия - Телеком".

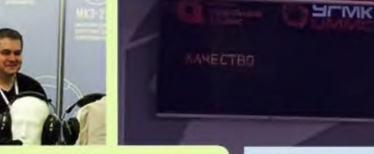


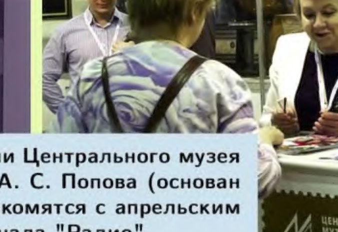


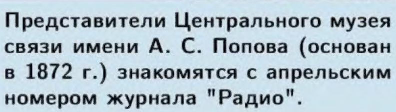
ОАО ПТЗ "ТЕЛТА" — российский разработчик и производитель средств связи.



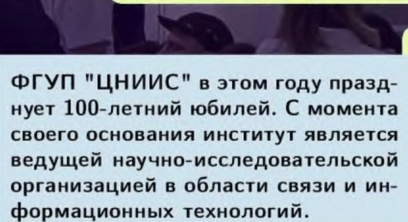
Легендарный, узнаваемый бренд ПАО "Октава", разрабатывающий и выпускающий продукцию гражданского и военно-технического назначения в области электроакустики.







Представители Центрального музея связи имени А. С. Попова (основан в 1872 г.) знакомятся с апрельским номером журнала "Радио".



ФГУП "ЦНИИС" в этом году празднует 100-летний юбилей. С момента своего основания институт является ведущей научно-исследовательской организацией в области связи и информационных технологий.



EBYTE — высокотехнологическая компания из Китая, специализирующаяся на беспроводных технологиях, в том числе и для устройств "умного дома".



Кабели и провода от "Белтелекабель" из Беларуси.



ПЕРВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ АКТАКОМ С РАЗРЕШЕНИЕМ 12 И 14 БИТ!

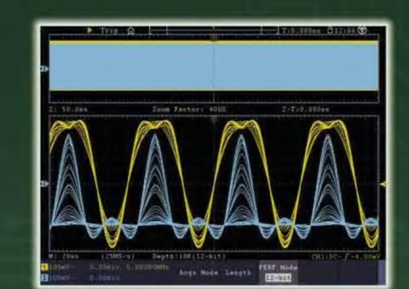
АКТАКОМ
www.aktakom.ru

АКТАКОМ





- ✓ До 4-х приборов в 1 корпусе :
  - Цифровой осциллограф с полосой 300 МГц
  - 1 или 2-х канальный генератор сигналов*
  - Цифровой мультиметр 3 ¾ разряда*
  - Анализатор протоколов I²C, SPI, RS232, CAN*
- ✓ Большая глубина записи 40 миллионов точек
- ✓ Высокая скорость захвата осциллограмм 75000 осц/с
- ✓ 28 типов автоматических измерений
- ✓ Анализ спектров на основе БПФ
- ✓ Батарейное питание*
- ✓ Возможность установки сенсорного дисплея*
- ✓ Дружественный экранный интерфейс







8 бит

12 бит



12/14 бит!

Смотрите видео применения на сайте www.aktakom.ru

	ADS-6062H	ADS-6122	ADS-6122H	ADS-6142H	ADS-6222	ADS-6222H	ADS-6322
Количество каналов	2 + внешний запуск						
Полоса пропускания**	60 МГц	100 МГц			200 МГц		300 МГц
Максимальная дискретизация**	1 Гвыб/с				2 Гвыб/с	1 Гвыб/с	2,5 Гвыб/с
Скорость захвата	75000 осц/с						
Максимальная глубина записи**	40 М точек						
Горизонтальная развертка**	2 нс/дел до 1000 с/дел				1 нс/дел до 1000 с/дел с		
Вертикальное разрешение	8 / 12 бит	8 бит	8 / 12 бит	8 / 12 / 14 бит	8 бит	8 / 12 / 14 бит	8 бит
Вертикальное отклонение		1 мВ/дел…10 В/дел					
Тип запуска	фронт, импульс, видео, скорость нарастания, рант, окно, по истечении времени, N фронт, логический шаблон, сигналы последовательных шин						
Интерфейсы	Штатно: USB-device, USB-host, LAN; Опционально: VGA и AV выход						
Дисплей	Цветной 8", TFT, 800×600, 65535 цветов; опция сенсорный IPS дисплей 1024×768						

*** - дополнительная опция при предварительном заказе; **- параметры указаны для режима разрешения 8 бит**



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Широкополосный АМ-приёмник авиадиапазона "Вестник" (см. статью на с. 20).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

КОМБИНИРОВАННЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ YAESU
ЁМКОСТНОЕ РЕЛЕ
УПРАВЛЯЕМ СВЕТОДИОДНЫМ RGB-КУБОМ

Тираж журнала «Радио» № 5 сдан для рассылки подписчикам 03.05.2018 г.

ChipEXPO–2018







16-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ



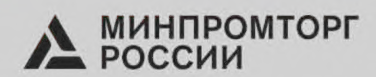
РОССИЯ | МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ

- Экспозиция предприятий радиоэлектронной промышленности России «Участники Федеральных целевых программ Минпромторга России»
- Экспозиция «Участники Конкурса «Золотой Чип»
- Экспозиция «Испытания и контроль качества ЭКБ»
- Экспозиция «Новинки производителей электронных компонентов»
- Экспозиция «Другая электроника»
- Экспозиция предприятий Зеленограда (Корпорация развития Зеленограда)
- Экспозиция предприятий АО «Росэлектроника»

www.chipexpo.ru

17.10–19.10





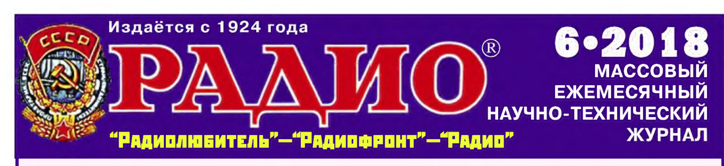












"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,
К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),
Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.05.2018 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 18-05-00141.

Лучшие публикации 2017 года

В начале мая, к Дню радио, редакция подвела итоги нашего ежегодного конкурса на лучшую публикацию прошедшего года. В поступивших в редакцию письмах отмечены как наиболее интересные 99 статей (58 авторов) практически из всех рубрик журнала. Большое число статей в отзывах читателей — свидетельство того, что в прошедшем году на страницах журнала было опубликовано немало интересных материалов.

Призёрами стали те авторы, чьи конструкции вызвали интерес у большинства читателей, приславших нам своё мнение о лучших статьях. Жюри конкурса рассмотрело все предложения и приняло решение:

— ***Первое место и денежный приз в размере 3000 руб.*** присудить **И. НЕЧАЕВУ** (г. Москва) за статью "Стабилизированные ИИП из ЭПРА от люминесцентной лампы" (№ 1, 2).

Поскольку две статьи из претендующих на второе-третье места набрали одинаковое число голосов, принято решение присудить два вторых места, а третье — не присуждать:

— ***Второе место и денежный приз в размере 2000 руб.*** присудить **К. ФИЛАТОВУ** (г. Таганрог Ростовской обл.) за статью "Стереомикрофон из электретных капсюлей" (№ 4).

— ***Второе место и денежный приз в размере 2000 руб.*** присудить **А. КОРОТОНОШКО** (г. Москва) за статью "Музыкальный синтезатор АНС полковника Е. А. Мурзина" (№ 4).

Авторы шести публикаций отмечены поощрительными премиями по 500 руб.: **А. ЖАРИКОВ**, **А. СТАРИНОВ** (г. Омск) — "Инверторный источник сварочного тока" (№ 3); **И. КАРПУНИН** (г. Нижний Тагил Свердловской обл.) — "Четырёхцветный светофор с дистанционным управлением по радиоканалу 2,4 ГГц" (№ 7, 8); **А. ЛИТАВРИН** (г. Березовский Кемеровской обл.) — "Многоканальная усилительная структура в УМЗЧ класса D" (№ 6, 7); **С. МОШЕВ** (г. Воронеж) — "Самодельные изодинамические излучатели на базе головок 10ГИ-1" (№ 1); **Д. ПАНКРАТЬЕВ** (г. Ташкент, Узбекистан) — "USB-сигнализатор времени приёма лекарств" (№ 1); **А. ШИХАТОВ** (г. Москва) — "Последовательные фильтры в кроссовере АС" (№ 12).

Всем перечисленным авторам вместе с денежными призами будут вручены памятные дипломы, а занявшим первое и вторые места — ещё и футболки с символикой журнала "Радио".

Жюри посчитало целесообразным отметить дипломами ряд авторов публикаций, которые рассматривались как претенденты на победу в конкурсе (фамилии авторов приведены в алфавитном порядке): **С. ГЛИБИН, А. КОРНЕВ, А. КУДРЯВЦЕВ, С. МАКАРЕЦ, Д. ПЕТРЯНИН, А. СУХОВ, А. СЫРИЦО.**

Невероятно, но факт: в этом году третий раз подряд победителем среди читателей, правильно назвавших статьи-победители, стал автор нашего журнала **Б. ДЕМЧЕНКО** из г. Киева, Украина. Он получит наш приз. ***Поздравляем!*** В позапрошлом году он указал правильно пять статей, признанных лучшими, в прошлом году — четыре, в этот раз он также правильно назвал четыре статьи. Следует отметить, что в этом году пять наших читателей назвали по три статьи из числа признанных лучшими. Им не хватило для успеха правильно указать всего по одной статье!

Коллектив редакции поздравляет победителей конкурса и соискателей с хорошей работой и желает дальнейших творческих успехов! Мы благодарим всех читателей, оказавших нам помощь своим активным участием в определении призёров.

Уважаемые читатели!

Наш конкурс "Лучшая публикация года" продолжается. Теперь мы просим вас высказать своё мнение по публикациям в журналах "Радио" за 2018 год. Напоминаем условия конкурса: авторы писем, чьи мнения о публикациях совпадут с мнением большинства читателей и назвавшие не менее четырёх статей, признанных лучшими (занявшие призовое место или отмеченные поощрительными премиями), получат наши призы. В своих письмах указывайте, пожалуйста, фамилию автора, полное название статьи (обязательно!), номер журнала, в котором она напечатана, и премию, которой она достойна (первая, вторая, третья или поощрительная). Число названных материалов не должно превышать восьми.

Ваше мнение мы сможем учесть, если письмо будет отправлено ***до 31 марта 2019 года*** (по почтовому штемпелю). Отправить его можно и по электронной почте на адрес <mail@radio.ru> с пометкой в поле "Тема" — "Лучшие публикации 2018".

Редакция

Программа на пятилетку

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Если кто-то ежедневно зажигает звёзды, значит, ему за это вовремя платят".

(Никита Богословский)

На ежегодной конференции Think-2018 в Лас-Вегасе компания IBM выступила с очередным прогнозом о том, какие пять технологий в ближайшие пять лет изменят наш мир. Среди них оказались квантовые вычисления, блокчейн, криптография на решётках, искусственный интеллект (ИИ) и специальные устройства — микроскопические роботы (ИИ-микроскопы), использующие в своей работе принципы ИИ. Все эти технологии уже существуют, но их ждёт и изменение, и популяризация.

Но сначала о квантовых компьютерах, которые сделают проще многие вычисления. Идее использования квантовой механики для обработки информации уже десятки лет. Одно из ключевых событий произошло в 1981 г., когда IBM и MIT (Massachusetts Institute of Technology — Массачусетский технологический институт) совместно организовали конференцию по физике вычислений. Знаменитый физик Ричард Фейнман предложил тогда построить квантовый компьютер. По его словам, для моделирования следует воспользоваться средствами квантовой механики. И это прекрасная задача, поскольку не выглядит такой простой. У квантового процессора принцип действия основан на нескольких странных свойствах атомов — суперпозиции и запутанности. Частица может находиться в двух состояниях одновременно. Однако при проведении измерений она окажется только в одном их них. И невозможно предугадать в каком, кроме как с позиции теории вероятности. Этот эффект лежит в основе мысленного эксперимента с котом Шредингера, который находится в коробке одновременно живым и мёртвым до тех пор, пока наблюдатель украдкой туда не заглянет. Ничто в повседневной жизни не работает подобным образом. Тем не менее около 1 млн экспериментов, проведённых с начала XX века, показывают, что суперпозиция действительно существует. И следующим шагом будет выяснение того, как использовать эту концепцию.

Классические биты могут принимать значение 0 или 1. Квантовые компьютеры оперируют кубитами, которые могут иметь логическое значение 0, 1, 0 и 1 сразу. Для решения определённых задач они будут иметь преимущество по сравнению с традиционными вычислительными машинами. Сегодня уже есть десятки описаний алгоритмов работы. Программисты создают особый программный код, который сможет работать по новым принципам вычислений. Принцип работы квантового процессора таков, что выполнение логической операции даёт возможность работать со всеми положениями сразу. И число доступных состояний равно двум в степени числа кубитов. Так что, если сделать 50-кубитный универсальный квантовый компьютер, теоретически можно исследовать все 1,125 квадриллиона комбинаций одновременно.

Благодаря свойству квантовых объектов под названием "суперпозиция" кубит может принимать все значения, которые являются комбинацией основных. При этом его квантовая природа позволяет ему находиться во всех этих состояниях одновременно. В этом и заключается параллельность квантовых вычислений с кубитами. Всё случается сразу — уже не нужно перебирать все возможные варианты состояний системы, а это именно то, чем занимается обычный компьютер. Поиск по большим базам данных, составление оптимального маршрута, разработка новых лекарств — лишь несколько примеров задач, решение которых способно ускорить во множество раз квантовые алгоритмы. Это те задачи, где для поиска правильного ответа нужно перебрать огромное число вариантов.

Кроме того, для описания точного состояния системы теперь не нужны огромные вычислительные мощности и объёмы оперативной памяти, ведь для расчёта системы из 100 частиц достаточно 100 кубитов, а не триллионов бит. Более того, с ростом числа частиц (как в реальных сложных системах) эта разница становится ещё существеннее.

Наиболее известным квантовым алгоритмом является алгоритм Шора (его придумал в 1997 г. английский математик Питер Шор), который нацелен на решение задачи разложения чисел на простые множители (задача факторизации, дискретного логарифма). Казалось бы, что в этом сложного и зачем для решения такой задачи нужен квантовый компьютер? Мы все без труда раскладываем на простые множители числа вида: 15 = 3×5; 55 = 5×11; 91 = 13×7 и т. д. Но можете ли вы разложить на два простых множителя число 853 или 13297, или 99487? Уже не так просто, правда? Но если написать программу для компьютера, то он довольно быстро найдёт исходные множители простым перебором (или с помощью другого, более сложного алгоритма). А если в числе будет не пять знаков, а хотя бы 100? С такой задачей не могут справиться и самые современные компьютеры, на это у них уйдёт от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов лет в зависимости от числа знаков.

А вот квантовые компьютеры, исполняя алгоритм Шора, должны справляться с этой задачей за считанные секунды. По крайней мере, в теории. На практике это удастся проверить только тогда, когда будет создан первый полноценный квантовый компьютер, оперирующий парой тысяч кубитов. Кстати, не так давно учёные реализовали алгоритм Шора на квантовом процессоре из трёх кубитов.

Почему же задача факторизации чисел так важна? Дело в том, что многие из современных протоколов, обеспечивающих защищённую передачу данных (например, при совершении банковских операций), используют вычислительную сложность этой задачи для генерации секретного ключа, который применяется для шифрации и дешифрации сообщений. С созданием квантового компьютера эти системы в мгновение ока перестанут быть сколь-либо секретными и безопасными. То есть отличительной особенностью, которой обладают квантовые компьютеры, является способность быстро подобрать нужный код или шифр. Собственно, квантовые компьютеры попросту "убивают" существующие сегодня системы шифрования. Обычный компьютер выполняет решение математической оптимизации последовательно, перебирая один вариант за другим. Квантовый конкурент работает сразу со всем массивом данных, молниеносно выбирая наиболее подходящие варианты за беспрецедентно короткое время. Банковские операции будут расшифрованы в мгновение ока, что современным вычислительным машинам недоступно. Нельзя утверждать, что современные компьютеры не могут справиться с подобной задачей, но затраченное на решение значительное время попросту обесценит расшифрованную информацию.

Есть, правда, и проблемы. В частности, сложность заключается в создании условий, при которых квантовый бит сможет бесконечно долго находиться в состоянии суперпозиции. Каждый кубит представляет собой микропроцессор, который работает на принципах сверхпроводимости и законах квантовой механики. Вокруг микроскопических элементов логической машины создаётся целый ряд уникальных условий окружающей среды, и даже небольшое отклонение от этих условий вызывает мгновенную потерю кубитами состояния суперпозиции, что приводит к сбою в работе. Впрочем, технологии развиваются, и, хотя настольной версии квантового компьютера в ближайшую пятилетку явно не появится, создание нечто для коммерческого использования где-то в "облаках" вполне возможно.

Новый подход в процессе вычислений позволяет работать с огромными массивами данных и выполнять вычислительные операции моментально. Новый способ вычислений создаст предпосылки для грандиозных научных открытий во всех отраслях путём обработки колоссальных массивов данных,



чтобы выявить скрытые в них закономерности. Быть может, стоит говорить о "втором дыхании" такой технологии, как Big Data.

По мысли аналитиков американской компании, через пять лет квантовые вычисления вскоре будут использоваться повсеместно. С их помощью можно будет решать проблемы, которые до этого считались неразрешимыми. Медицина решит многие проблемные вопросы, которых накопилось в последнее время довольно много. Станет возможной диагностика самых серьёзных заболеваний на более раннем этапе заболевания, чем сейчас. Станет проще разработка новых видов лекарств. Химическая промышленность сможет синтезировать продукты с уникальными свойствами. Расчёты полётов к другим планетам помогут космонавтике. Потенциал, который заложен в квантовых вычислениях, безусловно, преобразит нашу планету до неузнаваемости.

Не обязательно работать в IBM, чтобы предсказывать набор оборотов киберкриминальной индустрии, когда она обзаведётся квантовыми компьютерами и станет творить невиданные по масштабам DDoS-атаки, с которыми будет крайне сложно справиться, а также взламывать приложения с помощью ИИ. "Квантовые компьютеры с вычислительной силой в миллионы кубитов позволят быстро перебрать все возможные варианты и взломать даже самый сложный шифр из существующих", — говорится в официальных документах IBM. Что нужно делать в такой ситуации? Например, придумывать лучший способ защиты.

В этом случае в IBM делают ставку на так называемый метод криптографии на решётках — Lattice-based Cryptography. Это следующий шаг эволюции алгоритмов шифрования после алгоритма эллиптических кривых. Глава данного проекта, математик Сецилия Бочини, объяснила, что взлом любой криптографической защиты сводится к решению определённой математической задачи. Чем сложнее эта задача, тем дольше её решать и тем надёжнее защита. Нынешние методы шифрования устроены так, что пришлось бы потратить десятилетия на то, чтобы взломать код. Но, как указывалось выше, очень мощные вычислители в теории могли бы справиться с этой задачей гораздо быстрее. Если верить словам аналитиков IBM, криптография на решётках, представляющая собой новый подход к построению алгоритмов шифрования, обеспечит поистине "непробиваемую" защиту ценной личной информации от атак хакеров. Собственно, важнейшая сфера применения криптографии — защита личных данных пользователей.

Представим себе воображаемую решётку, скажем, тюремную (будущим хакерам это вообще было бы полезно). В точках пересечения прутьев располагаются узлы с определёнными координатами. Каждый из узлов может быть соединён с любым другим с помощью вектора. Поиск длины самого короткого ненулевого вектора в такой системе представляет собой сложную математическую проблему, которая так и называется Shortest vector problem (SVP) — проблема самого короткого вектора. Казалось бы, что тут сложного — нужно просто посмотреть на решётку и станет ясно, какая точка ближе всего к заданному узлу. Но если таких решёток много и они распределены, скажем, по сотне измерений, то даже квантовый компьютер будет не в состоянии решить эту математическую задачу. Собственно, по этой причине данный метод считается одним из самых многообещающих способов так называемого постквантового шифрования.

Постквантовая криптография — это часть криптографии, которая остаётся актуальной и при появлении квантовых компьютеров и квантовых атак. Построенные на её основе системы независимы от квантовых вычислений, и, следовательно, их считают квантово-устойчивыми (quantum-resistant) или постквантовыми криптосистемами. Постквантовая криптография, в свою очередь, отличается от квантовой криптографии, которая занимается методами защиты коммуникаций, основанных на принципах квантовой физики.

Большинство традиционных криптосистем опираются на проблемы факторизации целых чисел или задачи дискретного логарифмирования, которые будут легко разрешимы на достаточно больших квантовых компьютерах, использующих алгоритм Шора. Многие криптографы в настоящее время ведут разработку алгоритмов, независимых от квантовых вычислений, т. е. устойчивых к квантовым атакам.

IBM уже начала готовиться к переходу на протоколы, использующие данную защиту. Правда, быть может, преждевременно. Ведь до создания квантового компьютера с миллионами кубитов на самом деле ещё очень далеко. IBM в прошлом году анонсировала, что работает над 50-кубитной машиной, в этом году Google похвасталась 72 кубитами. В целом же за последние 20 лет, начиная с 1998 г., когда было объявлено о первом двухкубитовом квантовом вычислителе, число кубит увеличивалось примерно вдвое ежегодно. И всё это время хакеры взламывали криптографические системы из-за ошибок в реализации даже очень стойких, можно сказать, безупречных алгоритмов. Собственно, математическая теория зачастую сильно отличается от практики, и эксперты IBM несколько поторопились с пятилетними планами.

Из последних трендов наиболее знакомым, помимо криптографии для современного продвинутого пользователя, является блокчейн, с которым уже знакомы читатели журнала. Кроме того, как отмечают в IBM, совсем скоро во все товары в обязательном порядке будут встраиваться специальные криптографические метки. Размер данных меток будет не больше, чем чернильная точка, а крошечные компьютеры меньше, чем кристалл соли. Кстати, в рамках конференции IBM Think-2018 американская корпорация представила то, что назвала самым миниатюрным в мире компьютером. При этом, по словам самих разработчиков, его вычислительная мощность находится на уровне производительности процессора x86 1990 г.

Такая кроха состоит из нескольких сотен тысяч транзисторов и может контролировать, анализировать и даже обрабатывать данные. В случае запуска массового производства один чип будет стоить менее десяти центов. Компьютер работает с блокчейном и может стать источником данных для блоков приложений. Также устройство способно справиться с базовыми задачами систем ИИ, такими как сортировка данных.

IBM предлагает для своих клиентов приватный блокчейн, который отличается, например, от блокчейна биткоина. Пока что блокчейн от IBM доступен компаниям для коммерческого использования в тестовой версии. Пока неизвестно, сколько будет стоить это решение от IBM после официального запуска.

Криптографические метки, наряду с блокчейном, радикально изменят ситуацию во многих сферах. Например, в сфере торговли пользователи получат возможность легко проконтролировать путь товара от производителя к потребителю. Всё это позволит практически исключить подделки в сфере торговли пищевыми продуктами, на рынке генномодифицированных продуктов и среди предметов роскоши. Таким образом, эта технология изменит области бизнеса, которые тесно связаны с безопасностью пищевых продуктов, идентификацией подделок и рынком предметов роскоши. Если, конечно, эти метки не начнёт производить тот, кто кровно заинтересован в распространении ГМО и различных подделок.

А вот сфера интересов микроскопических роботов, действующих на основе принципов ИИ, — вода. Аналитики IBM предполагают, что они смогут отслеживать состояние планктона в естественной среде обитания в режиме реального времени. В перспективе всё это позволит предотвращать (скорее, правда, осуществлять мониторинг) такие ситуации, как разливы нефти и стоки от источников загрязнения на суше, а также прогнозировать такие угрозы, как красные приливы. Крошечные микророботы смогут собирать информацию о передвижении планктона, что поможет делать прогнозы на основе его поведения, справляться с загрязнением океана, например от разливов нефти. Впрочем, как они будут именно справляться, хотелось бы узнать поподробнее, если это не банальная подача сигнала тревоги специальным службам ликвидаторов.

И последнее. В IBM, понимая значимость ИИ для развития человеческой цивилизации, акцентируют внимание на особых алгоритмах его работы. Специалисты корпорации намерены поработать над объективностью ИИ. Это может звучать странно, но здесь кроется действительно серьёзная научная, социальная и технологическая проблема. Дело в том, что нейронные сети обучаются людьми с помощью наборов данных, в которые уже "зашита" предвзятость. К примеру, в наборе данных с фотографиями знаменитостей, который некоторые приложения могут использовать для обучения алгоритмов распознавания лиц, есть перекос в сторону представителей светлокожей расы.

Обученная на таких данных нейронная сеть будет хуже распознавать людей с другим цветом кожи или каким-нибудь нетрадиционным поведением. Не исключено, что такая предвзятость может привести к дискриминации, некорректным решениям и т. д. Поэтому IBM разработала и продолжает совершенствовать методику для проверки наборов данных для выявления таких предубеждений. Специалисты IBM уже сейчас работают над тем, чтобы исключить из алгоритмов обучения ИИ данные, которые не свободны от расовых, гендерных и идеологических предубеждений. Использование этого подхода позволит создать "объективный" ИИ, который не будет способствовать распространению неравенства. Его появление приведёт к качественному рывку в области обучения других систем ИИ, уверены в IBM.

Учёные компании уверены, что в ближайшие пять лет эта проблема исчезнет или перестанет быть существенной. Более интересен побочный эффект этого исследования. Франческа Росси, которая руководит данным проектом, сообщила, что чем больше учёные работают над выявлением таких отклонений в наборах данных, тем больше они понимают свои собственные предвзятые убеждения. Что ж, это нам уже показала нейронная сеть Microsoft, которая обучалась на сообщениях в Твиттере и подхватила от людей все возможные ментальные болезни, вроде сексизма, расизма и любви к нецензурному грубому самовыражению.

Над избавлением ИИ от субъективных предвзятых оценок работают сегодня специалисты из множества различных областей, включая людей искусства, философов, юристов. Есть надежда, что избавленный от человеческих слабостей ИИ в будущем станет подсказывать людям, если они их проявляют.

А вы готовы к такому будущему, в котором машины нас учат, как нужно жить? IBM предсказывает, что оно наступит уже через пять лет. Вдруг ИИ, избавленный от таких человеческих слабостей, как сопереживание, доброта и забота, решит, что во имя гендерного, расового и пр. равенства, заботливо подсказанного какими-нибудь закулисными политиканами, целесообразно перевести всех граждан в какое-нибудь стандартное сертифицированное состояние и уложить их ровными рядами в каком-нибудь красивом месте, чтобы никому не было обидно? Впрочем, как свидетельствует мировой опыт, избавленные с помощью ИИ от своих слабостей люди, пожалуй, станут опаснее любого ИИ.

Возможно, их попробует исправить государство. В частности, недавно комиссия по национальному развитию и реформам КНР объявила о намерении ввести запрет на пользование поездами и самолётами для лиц с пониженным "социальным кредитом". Согласно анонсированному плану, возможности пользоваться транспортом дальнего сообщения с 1 мая лишаются лица, уличённые в безбилетном проезде, курении в поездах или самолётах, дебоширстве на транспорте. Кроме того, новые правила будут действовать в отношении тех, кто занимался перепродажей билетов или продавал фальшивки, а также использовал поддельные документы для покупки билетов. Наконец, путешествовать не смогут неплательщики налогов, должники перед государством или частными структурами, а также те, кто не выполнил предписания судебных органов.

Напомним, так называемая система социального кредита представляет собой общенациональную систему автоматизированной слежки за жителями Поднебесной. Система включает в себя элементы ИИ и занимается анализом больших данных. Запуск этой системы начался в Китае около двух лет назад, и в настоящее время она следит за жителями страны в Интернете и за его пределами, фиксируя допущенные ими нарушения. Люди с низким "социальным кредитом" (или набравшие много отрицательных очков) сталкиваются с трудностями при получении различных социальных благ. Некоторые СМИ уже сравнили систему "социального кредита" с "Большим братом" и называют её "цифровой диктатурой".

Как утверждают в IBM, технологический прогресс в следующие пять лет позволит радикально изменить мир. Мол, к 2023 г. станут обыденными и будут применяться повсеместно такие вещи, которые сейчас воспринимаются исключительно в качестве фантазий (например, "цифровая диктатура"). Должен состояться мощный рывок, который, как ожидается в IBM, превзойдёт всё, что мы видели ранее. Если, конечно, не случится какой-нибудь традиционный планетарный форс-мажор. И только от человека, его способностей и желаний применить данные технологии на благо всего человечества зависит, насколько радикально и справедливо изменится всё вокруг нас.

Кстати, крайне интересно, что этот самый человек будет считать благом?

По материалам ***hi-news.ru, apple-iphone.ru, mirtesen.sputnik.ru, weekend.rambler.ru, fb.ru, syl.ru, cnews.ru***

Модернизация акустической системы "Radiotehnika S-50B"

В. ПЛАТОНЕНКО, г. Набережные Челны

АС "Радиотехника S-50B" при бережной эксплуатации сохраняет работоспособность многие годы. Как оказалось, звучание этой АС можно существенно улучшить несложной доработкой с заменой ВЧ-головок и изменениями в кроссовере.

Акустическую систему "Радиотехника S-50B" выпускало Рижское ПО "Радиотехника" с первого квартала 1982 г. [1]. На время выпуска система представляла собой достаточно качественный образец акустической системы (АС), которой комплектовалась отечественная радиоаппаратура.

Принципиальная схема этой АС приведена на **рис. 1**. Согласно схеме пассивный кроссовер колонки выполнен на фильтрах второго порядка. О влиянии порядка фильтров на работу динамических головок достаточно много пишут в литературе, причём большинство авторов отмечают большую эффективность применения фильтров более высокого порядка. Для доказательства этого они приводят графики измерений АХЧ колонок и восхитительные высказывания о качестве их работы. Вместе с тем результаты субъективных экспертных прослушиваний АС с применением фильтров первого порядка не всегда подтверждают это. К сожалению, инструментальные замеры характеристик АС в безэховой камере не позволяют в полной мере оценить их качество. Экспертное прослушивание является необходимым элементом оценки.

В литературе [2, 3] приводятся описания использования в кроссовере последовательных фильтров, позволяющих по-иному взглянуть на формирование частотных полос громкоговорителей. Этому способу присущ ряд достоинств, позволяющих повысить качество звучания.

Для проверки этого решения проведена модернизация акустической системы "Радиотехника S-50B". С этой целью были взяты две работоспособные колонки, разница в звучании которых практически отсутствовала. Эффективность вносимых изменений проверялась сравнением результатов прослушивания переделанной колонки с контрольной. При проведении испытаний использовался модернизированный усилитель "Радиотехника У-7101" [4]. Дополнительно внесены изменения в комплектацию и конструкцию некоторых элементов АС.

Схема модернизированного варианта АС (плата индикации не показана) приведена на **рис. 2**. Как видно из схемы, произведена замена динамической головки 6ГДВ-1 на изодинамическую 10ГИ-1-4. Эта головка имеет более совершенные технические харак-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

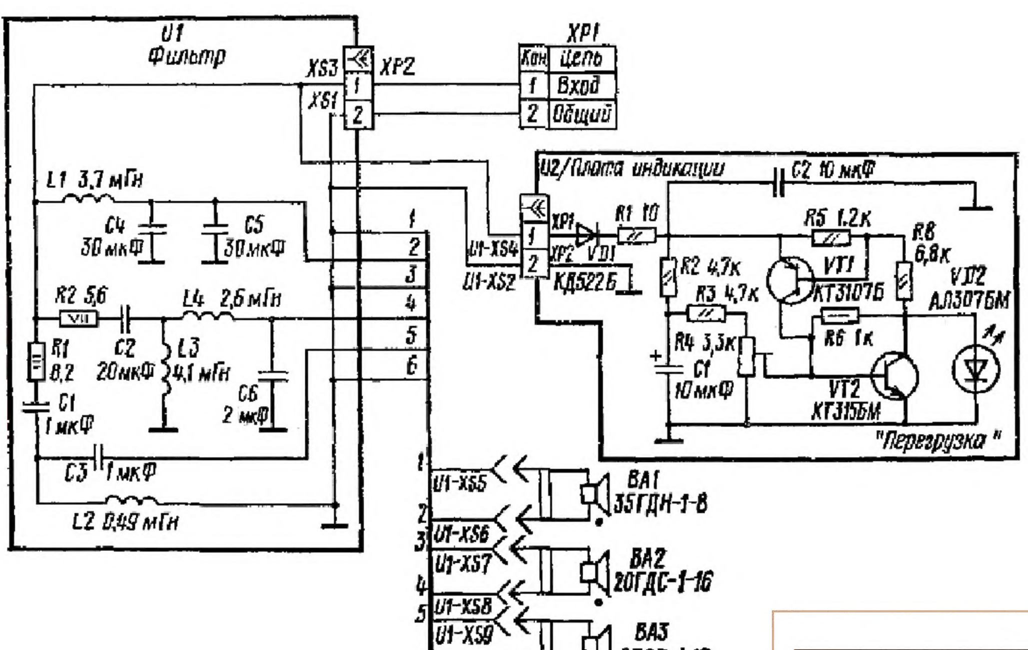


Рис. 1

теристики и большую мощность [5]. Использование последовательного фильтра позволяет сочетать в различных полосах головки с разным номинальным сопротивлением [2]. Это свойство в данной ситуации оказалось очень кстати. Коррекция отдачи на ВЧ осуществляется подбором резистора R1.

Среднечастотная головка 20ГДС-1 имела множество нареканий на качество звучания. Многие авторы предлагали немало способов для его улучшения. Применение теннисных шариков и переклейка пылезащитного колпачка к существенным изменениям звучания не приводила. Но стало очевидным, что малая жёсткость колпачка являлась одной из причин претензий. Поэтому доработка началась именно с неё — пылезащитный колпачок был покрыт двумя слоями растворённого в ацетоне целлулоида. Жёсткость колпачка при этом существенно выросла, фактически произошло армирование купола. Далее на купол колпачка был приклеен рупор подходящего размера, который несколько улучшил звучание головки на частотах выше 4 кГц.

На отдачу головок влияет величина остаточной намагниченности установленных магнитов. Для проверки эффективности введения дополнительного магнита две динамические головки были скреплены диффузорами навстречу друг к другу. На одну из головок подавался сигнал от генератора ЗЧ, а вторая головка была подключена к милливольтметру. Устанавливая дополнительный магнит в необходимой полярности к основному магниту, можно убедиться, насколько будет эффективно дополнительное магнитное поле. В испытываемой мной головке отдача увеличивалась на 2 дБ. Дальнейшее увеличение числа магнитов эффекта не имело, поэтому к основному магниту был приклеен только один магнит. Общий вид доработанной СЧ-головки показан на **рис. 3**. На низкочастотных головках проведение этой операции не выявило необходимости в дополнительных магнитах.

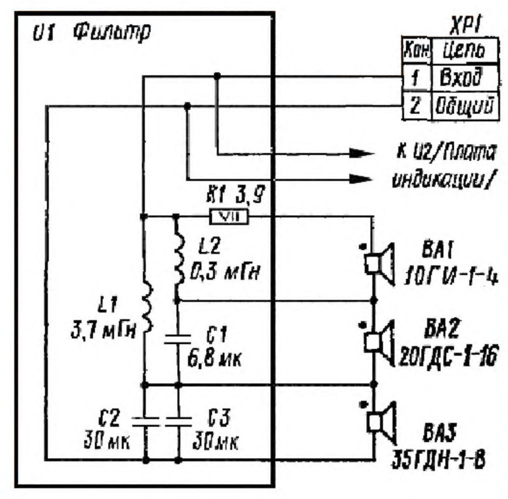


Рис. 2

Рис. 3

После демонтажа ненужных элементов детали нового кроссовера размещены на его прежней плате (нумерация элементов изменена). В соответствии с новой схемой кроссовера (см. рис. 2) добавлены только конденсатор С1 6,8 мкФ на напряжение 160 В (К73-11) и катушка L2 индуктивностью 0,3 мГн; всё остальное на плате уже было. Кроме того, были изменены номиналы мощных резисторов (R1) для выравнивания отдачи ВЧ-головок. На **рис. 4** показана установленная в колонку модернизированная плата фильтров.

Объём звукопоглощающего материала увеличен в каждом корпусе на


Рис. 4


Рис. 5

50 %, а в стакане СЧ-головки — на 70 %. Отсчёт производился от заводских значений установки поглотителя. Имеющийся в корпусе звукопоглотитель (вата в сетке) сосредоточен в верхней части колонки, а добавочный свёрнут в тряпичный мат и размещён на задней стенке за НЧ-головкой.

ВЧ-головка развёрнута на 90° относительно рекомендуемого в связи с необходимостью вписаться в облик декоративной панели с решёткой. Если этого не сделать, то часть щелевых отверстий излучателя будет закрыта панелью. В этом случае придётся вносить изменения в конструкцию панели, что весьма непросто. Я прослушал оба варианта расположения головки и, не отметив заметных изменений в диаграмме направленности, принял вариант горизонтального расположения щелей головки. Дополнительный рупор в СЧ-головке и оптимизация расположения АС позволяют смягчить противоречие, но не исключают применения и рекомендованного производителем варианта.

Практически разметка под установку головки была осуществлена следующим образом. От верхней точки окружности контура СЧ-головки отложено 4 мм вверх и проведена линия, которая являлась нижней границей установки ВЧ-головки. Далее вычерчены остальные линии разметки по размерам периметра головки и проведено выпиливание отверстия. Крепление головки осуществлено посредством двух лапок, которые подтягивали её при закручивании винтов.

Герметичность установки обеспечена уплотнителем, расположенным по периметру задней панели излучателя. В качестве уплотнителя использована резиновая трубка с клеевой полоской, которую применяют для герметизации дверей и окон. Такой же уплотнитель применён при установке остальных головок. Процесс завершения установки головок показан на **рис. 5**.

Некоторые изменения внесены в конструкцию декоративной панели и решётки группы излучателей СЧ—ВЧ. Они необходимы для сокрытия следов от круглого отверстия прежней головки и организации рупора для новой. Обратная сторона декоративной панели с внесёнными изменениями показана на **рис. 6**. Общий вид завершённого изделия показан на **рис. 7**.


Рис. 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



Рис. 7

Результаты практического сравнения двух колонок показали хорошо различимое преимущество модернизированного варианта. Звучание стало более рельефным, улучшились импульсные характеристики. Стала очевидной его большая эмоциональная детальность. Стыковка полос, атаки в звучаниях музыкальных инструментов и тембры — всё изменилось в лучшую сторону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акустическая система "Радиотехника S-50B". — URL: **http://rw6ase.narod.ru/00/as/radiotehnika_s50w.html** (22.03.18).

2. **Елютин А.** Последовательный кроссовер. — URL: **http://www.автозвук.рф/az/2010/01/082-krossover.htm** (22.03.18).

3. **Шихатов А.** Последовательные фильтры в кроссовере АС. — Радио, 2017, № 12, с. 13—16.

4. **Платоненко В.** Вторая жизнь усилителя "Радиотехника У-7101С". — Радио, 2018, № 1, с. 12—15.

5. 10ГИ-1-4. — URL: **http://ldsound.ru/10-gi-1-4/** (22.03.18).

УМЗЧ с токовой обратной связью

А. ПЕТРОВ, г. Могилёв, Белоруссия

В статье представлена схема усилителя мощности с токовой ООС. При исследовании его модели в программе Microcap9 автор обращает внимание на такие параметры, как время задержки распространения сигнала, гармонические и интермодуляционные искажения. Спроектированный усилитель отличается очень малым временем задержки, что положительно отражается на других рассмотренных в статье параметрах, а по мнению автора, и на субъективных оценках качества. В статье также даны общие рекомендации по монтажу усилителя, организации питания и возможных заменах транзисторов.

Норман Кроухёрст (N. Crowhearst) был первым, кто обратил внимание на то, что гармоники очень высокого порядка в результате "размножения" при циклическом прохождении по петле глубокой отрицательной обратной связи (ООС) создают уровень шума, коррелированный с сигналом. Статический синусоидальный тест не отображает этого "абразивного" эффекта. В статье 1957 г. [1] он объяснял, что если ООС действует в более коротких петлях, то эффект умножения частот усугубляется, поскольку местная ООС в результате уменьшает уровень второй и третьей гармоник и порождает слабые компоненты от четвёртой до девятой и выше. Любая фазовая погрешность из-за реактивности нагрузки может скорее усугубить, чем ослабить генерацию гармоник высоких порядков.

Сочетание глубокой обратной связи с недостаточной широкополосностью усилителей и низким быстродействием приводит к повышенной задержке сигнала на выходе, что в результате приводит к потере теплоты, объёма и детальности в звучании. В этих случаях ООС создаёт сложную модулированную сигналом высокочастотную "кашу". Такие усилители бывают очень чувствительными к импедансу источника сигнала.

Исследование задержки в передаче сигнала (propagation delay) у операционных усилителей (ОУ) показало, что её величина во многом зависит от частоты единичного усиления и пропорциональна коэффициенту усиления ($K_у$) с ООС, а у некоторых ОУ задержка существенно зависит и от сопротивления источника сигнала. Этот параметр оказался наименьшим у тех ОУ, которые в реальных усилителях получили хорошие субъективные оценки по звучанию. Например, для ОУ LM6172 (он представляет собой усилитель с обратной связью по напряжению с характеристиками усилителя с обратной связью по току) задержка сигнала при $K_у$ = 30 равна 33 нс, в то время как при $K_у$ = 10 равна всего 10 нс. При этом частота единичного усиления (UGF — Unity Gain Frequency) равна 120 МГц. В режиме повторителя задержка составляет всего 1 нс. Такое же время задержки имеют и микросхемы буферных повторителей, например OPA633.

Дальнейшие исследования этого параметра были перенесены на УМЗЧ. И здесь также подтвердилась эта закономерность. Чем меньше задержка сигнала и короче время выхода на установившийся режим, тем меньше на графике интегральная ошибка между задержанным входным сигналом (приведённым по уровню к выходному) и реальным выходным. Значение этого параметра можно получить по диаграмме Боде из графика ГВЗ (группо-

вое время задержки) в полосе частот 5...100 кГц.

Придерживаясь оптимизации этого параметра, мной был разработан усилитель с токовой обратной связью (ТОС), схема его модели в программе моделирования Microcap9 показана на **рис. 1**. К особенностям усилителей с ТОС относят большую широкополосность, теоретическое отсутствие ограничения скорости нарастания выходного напряжения, слабую зависимость полосы пропускания от $K_у$. Большинство современных быстродействующих ОУ выполнены по структуре с ТОС с добавлением буфера на инвертирующем входе, что превращает их в усилитель с ООС по напряжению.

Несколько слов о назначении элементов. Транзисторы входного каскада Q2, Q3 имеют следящее питание с эмиттеров транзисторов Q5, Q6. Резисторы R14, R17 снижают тепловые искажения в транзисторах Q5, Q6, а транзисторы Q7, Q8 способствуют мягкому клипированию и исключению сквозных токов.

Транзисторы Q12, Q13 с диодами D5—D8 обеспечивают следящее питание для транзисторов Q9, Q11, а также снижение эффекта Эрли и тепловых искажений. Резисторы R29, R30 стабилизируют нагрузку усилителя напряжения и повышают частоту первого полюса. Конденсаторы C10, C11 и цепи R33C12, R34C14 введены для фазово-частотной коррекции.

Эта разработка стала результатом исследования влияния выше упомянутой задержки на параметры усилителей. Ни для кого не секрет, что сигнал на выходе усилителей задержан во времени по отношению к входному. Эта задержка в различных усилителях существенно различается — от нескольких наносекунд в усилителях с двухполюсной коррекцией до нескольких сотен наносекунд в композитных усилителях с очень глубокой ООС. Как показали более детальные исследования, минимальная задержка, полученная с помощью двухполюсной коррекции, имеет место только в установившемся режиме. В начале бурста гармонического сигнала выходной сигнал

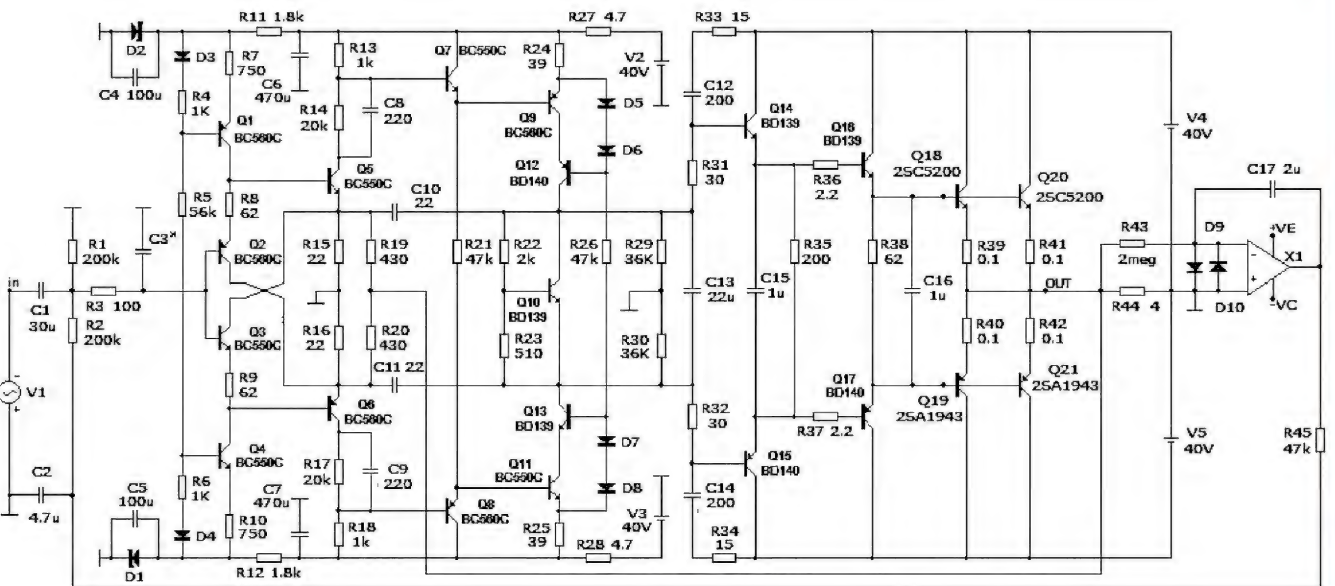


Рис. 1

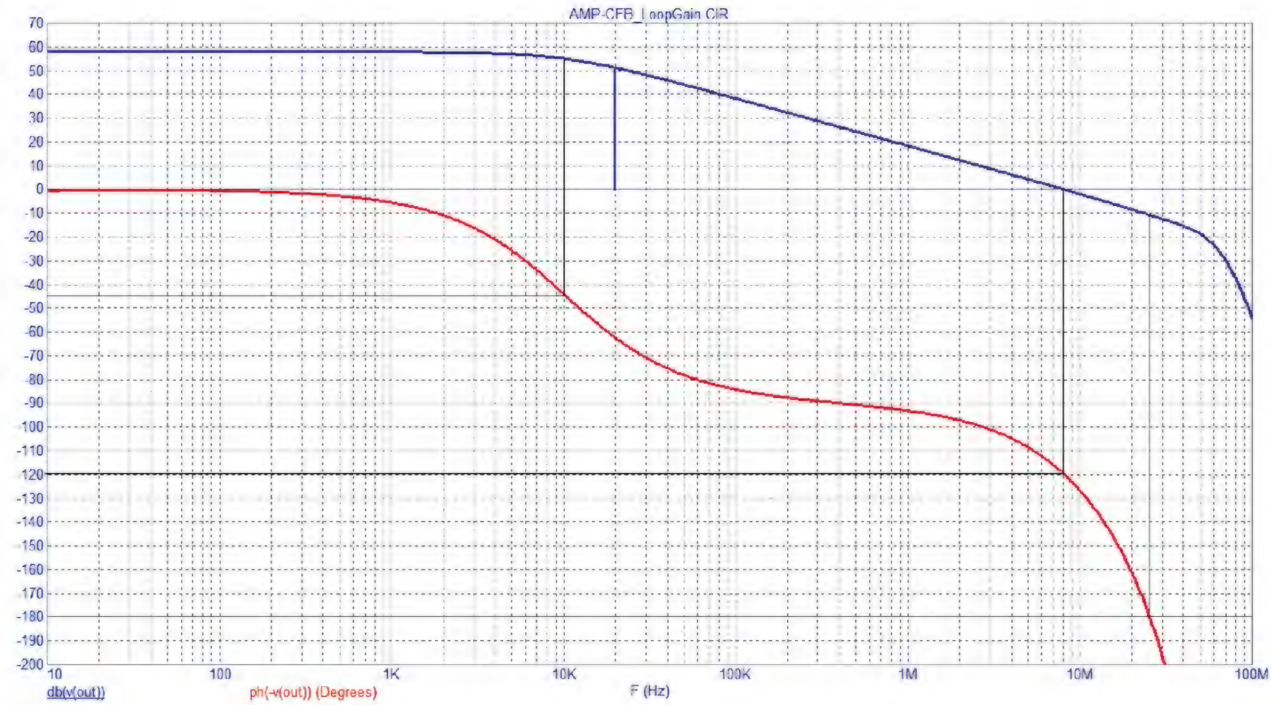


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

таких усилителей имеет задержку до нескольких десятков наносекунд, а выход на установившийся режим составляет 150...200 нс и более. В ряде случаев процесс выхода на установившийся режим носит колебательный характер. В результате усилители с двухполюсной коррекцией могут иметь прекрасные параметры, измеренные на синусоидальном сигнале, и неудовлетворительное качество звучания.

При разработке был проведён анализ работы ряда усилителей, в частности, описанных в [2—4], и предприняты меры по снижению тепловых искажений и искажений, связанных с эффектом Эрли, особенно ощутимых в каскадах с динамической нагрузкой и большим усилением. Комментарии по этим характеристикам приведены выше. С целью повышения нагрузочной способности выходной каскад выполнен по схеме повторителя на "тройке Дарлингтона" со спаренными выходными транзисторами.

Ниже приведённые характеристики получены без конденсатора входного RC-фильтра (ёмкость конденсатора С3 = 300...1000 пФ).

На **рис. 2** показаны частотная и фазовая зависимости петлевого усиления в усилителе (кривые соответственно синего и красного цвета). Как видно из этой иллюстрации, частота первого полюса, соответствующая спаду усиления на 3 дБ и повороту фазы на 45 град., равна 10 кГц. Петлевое усиление на частоте 20 кГц чуть более 50 дБ (300 раз). Запас по фазе (на частоте единичного усиления) равен 60 град., запас по амплитуде (при повороте фазы на 180 град.) — 10 дБ.

На сигнале частотой 20 кГц (верхняя частота полосы ЗЧ) измерялось время задержки и исследовался начальный участок первого полупериода, **рис. 3**. Измеренная задержка при $K_y = 20$ (26 дБ) оказалась равной всего 19 нс, как у лучших быстродействующих ОУ при аналогичном коэффициенте усиления.

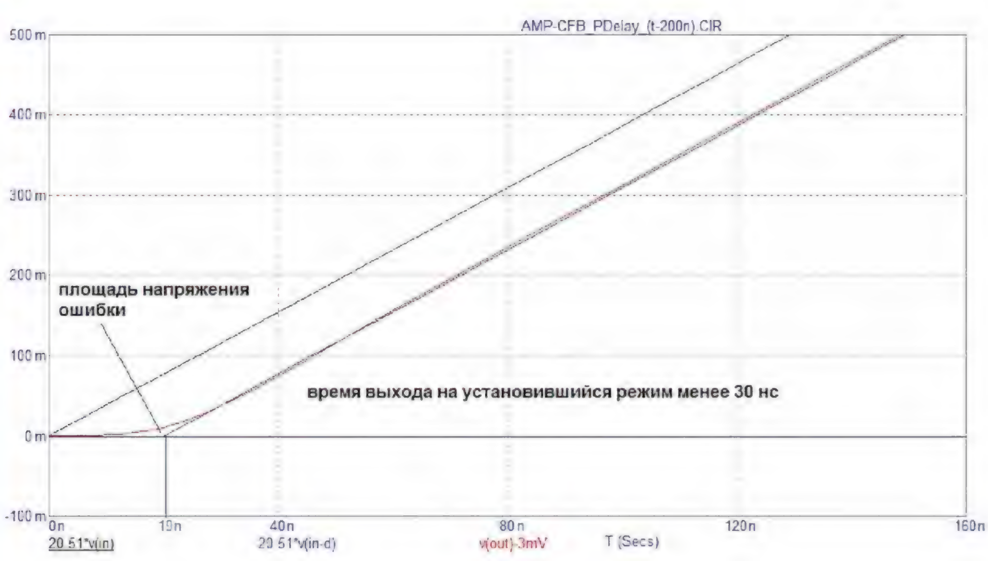


Рис. 3

Площадь между линиями выходного напряжения и сдвинутого на время задержки распространения входного напряжения, приведённого к уровню выходного, характеризует интегральную ошибку. В данном случае из осциллограмм видно, что амплитуда ошибки не превышает 10 мВ.

С этим параметром связана и величина искажений при усилении пилообразного сигнала, представленного на **рис. 4**. Если вычесть из этого сигнала точно такой же, но задержанный во времени, то получим меандр, амплитуда которого пропорциональна времени задержки (третья осциллограмма). Четвёртая осциллограмма (напряжение ошибки усиления — это искажения) получена в результате вычитания из задержанного на время 19 нс входного напряжения (приведённого к выходному) выходного напряжения. Принцип измерения не нов — его пред-

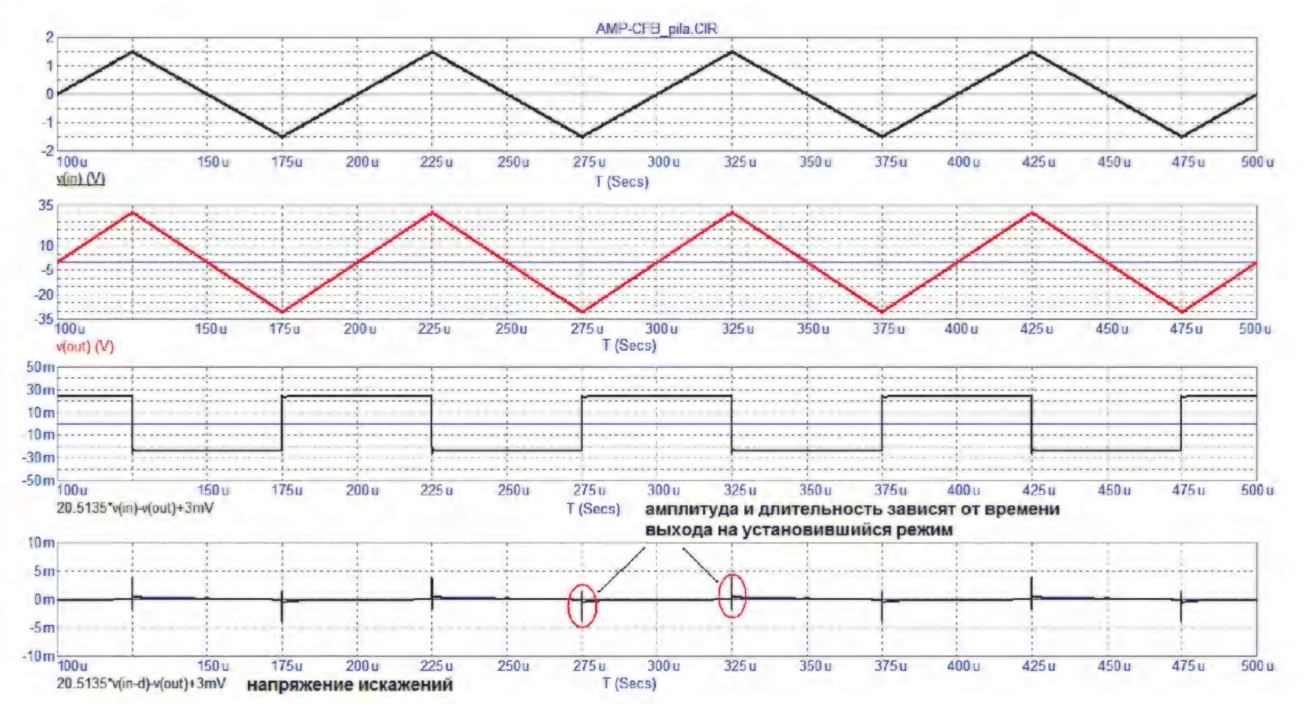


Рис. 4

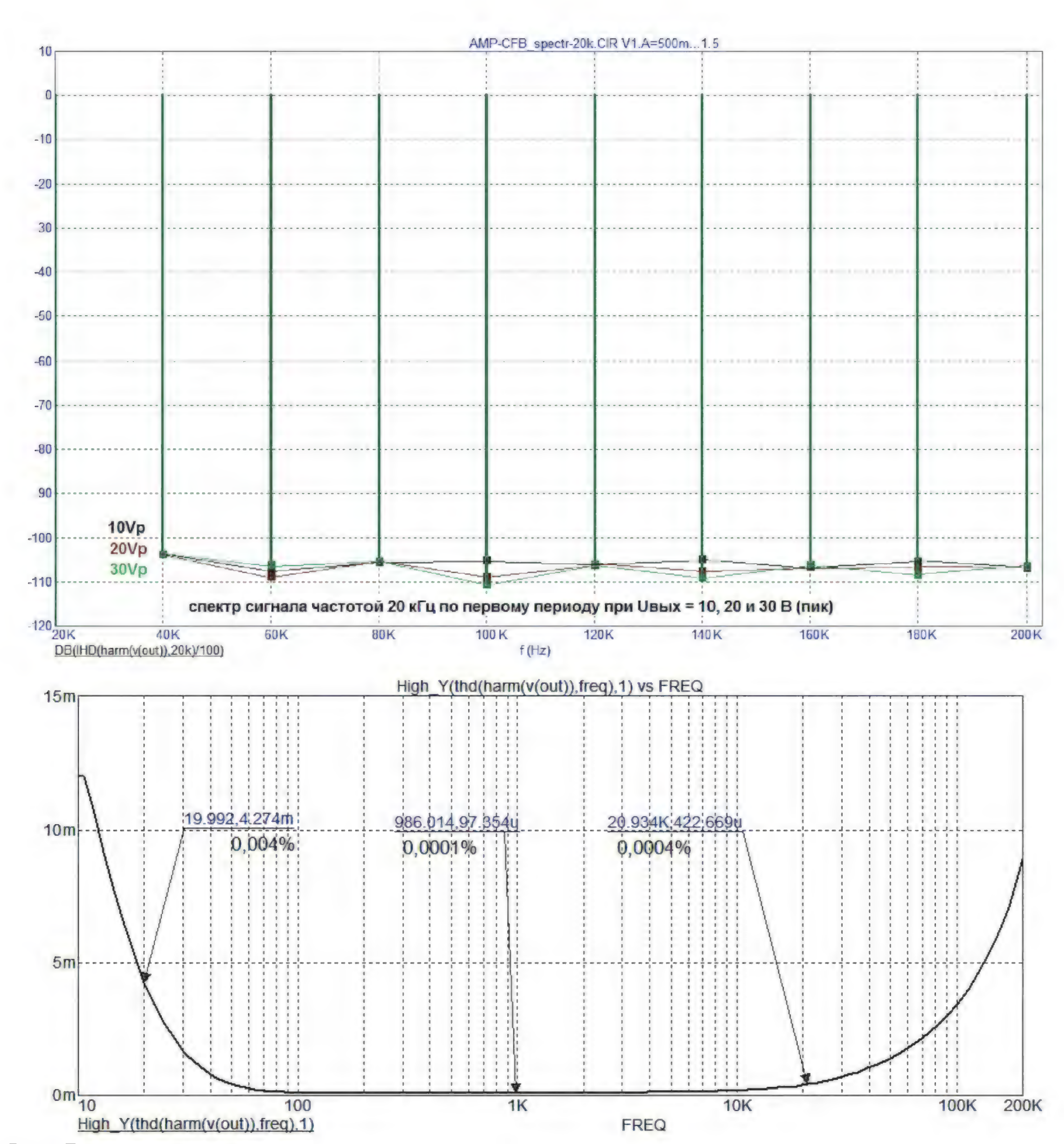


Рис. 5

ложил Питер Баксандалл (P. Baxandall) много лет назад; это успешно использовал в своих исследованиях И. Т. Акуличичев.

Из рис. 4 видно, что напряжение ошибки представляет собой практически прямую линию (что говорит о высокой линейности амплитудной характеристики усилителя) с небольшими всплесками на вершинах пилообразного напряжения. Если растянуть во времени всплески, то их длительность примерно равна времени выхода на установившийся режим (не более 30 нс). С конденсатором С3 ёмкостью 1000 пФ амплитуда импульсов не превышает 0,5 мВ.

Такова практика, что коэффициент гармонических искажений УМЗЧ измеряют в установившемся режиме. Для двух усилителей этот параметр может быть одинаковым и очень малым в установившемся режиме, но существенно различаться (в десятки и сотни раз) на первом периоде из-за разного времени задержки и особенностей выхода на установившийся режим.

Спектр гармоник сигнала частотой 20 кГц, измеренный на первом периоде при выходных напряжениях 10, 20 и 30 В (ампл.), представлен на **рис. 5**. Как видно из графика, уровень гармоник при всех выходных напряжениях ниже −100 дБ. Благодаря высокой линейности амплитудной характеристики спектр гармоник практически стабилен при всех уровнях выходного напряжения. В установившемся режиме и на более низких частотах звукового диапазона уровни гармоник будут ещё меньше. На нижнем графике рис. 5 показана частотная зависимость коэффициента гармоник.

С задержкой в передаче сигнала через УМЗЧ с общей ООС связан и такой важный параметр, как интермодуляционные искажения (ИМИ). Как видно из приведённых на **рис. 6** иллюстраций усиления двухчастотного сигнала (19 и 20 кГц), ИМИ первого порядка частотой 1 кГц имеют уровень всего 10 мкВ. При этом шумовая подставка в полосе звуковых частот не превышает 25 мкВ, что очень мало по сравнению с другими усилителями, имеющими большее время задержки.

Основной бич усилителей класса АВ — коммутационные искажения. Этот параметр измерен усовершенствованным методом Рубальского. Метод в качестве тестового сигнала использует смесь сигналов двух частот 100 Гц и 20 кГц в соотношении 3:2. К выходу УМЗЧ подключают фильтр [5], вырезающий эти частоты, в результате

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

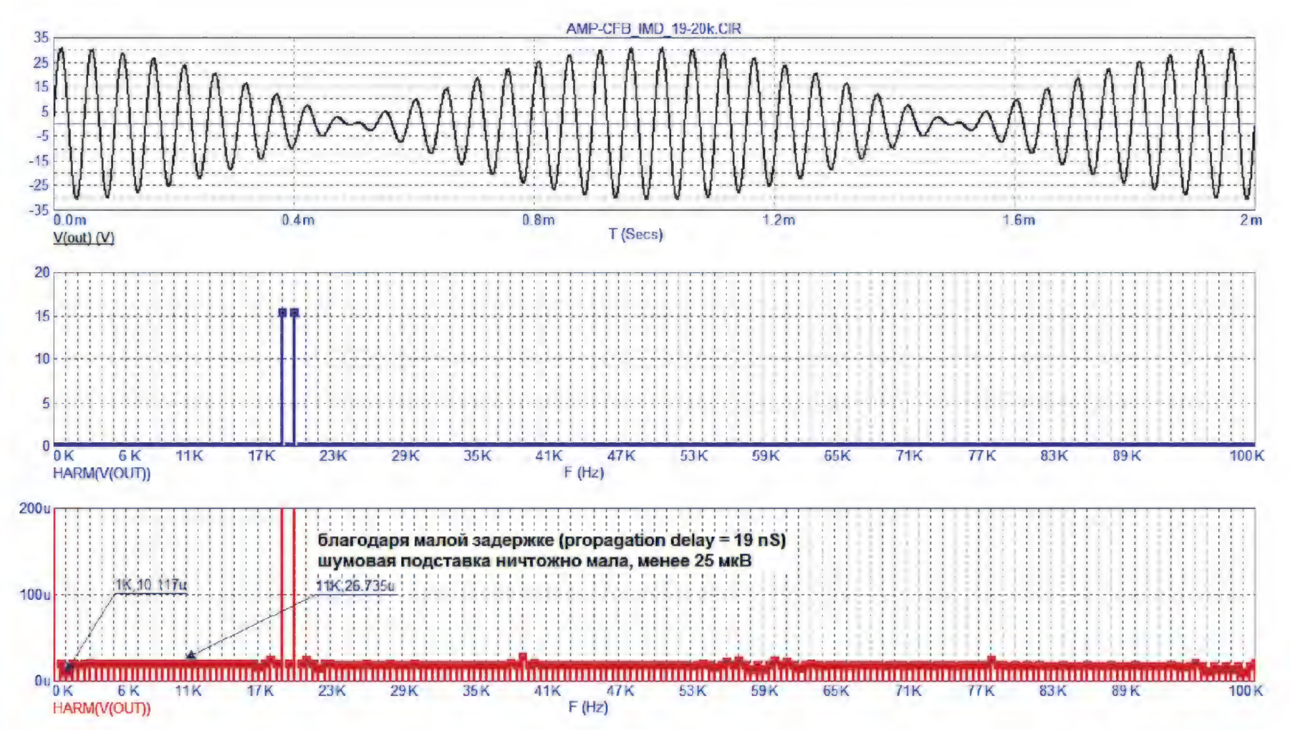


Рис. 6

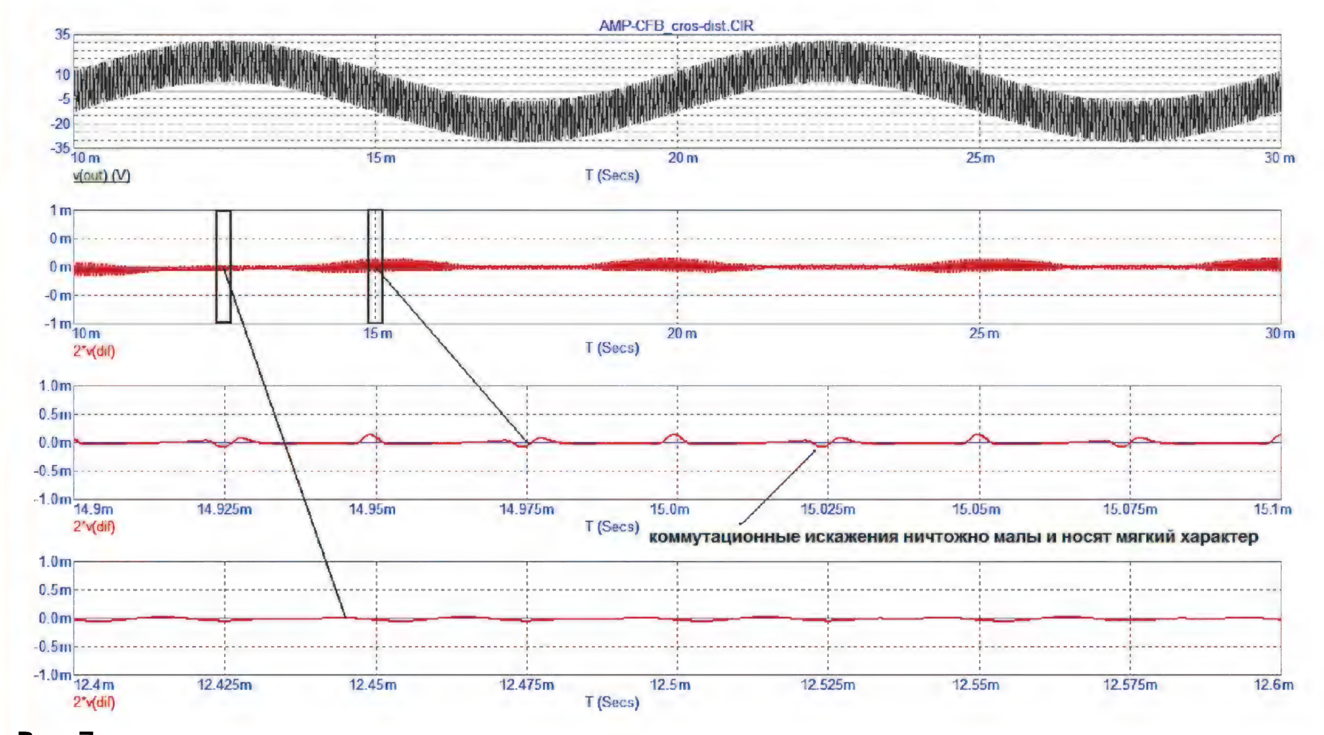


Рис. 7

на выходе фильтра получаем продукты искажений, показанные на **рис. 7** в виде трёх осциллограмм напряжения ошибки.

Следующий параметр, которому в усилителях придают большое значение, — скорость нарастания выходного напряжения (**рис. 8**). Наиболее удобно измерять скорость нарастания на сигналах типа меандр. Нижняя иллюстрация показывает значение скорости нарастания выходного напряжения SR = 216 В/мкс. В усилителях с недостаточно качественными транзисторами этот параметр может заметно различаться для большой или малой амплитуды сигнала и в разных областях амплитудной характеристики.

Не менее важным параметром является выходное сопротивление. Выходное сопротивление зависит как от глубины ООС, так и от нагрузочной способности выходного каскада (ВК), которая, в свою очередь, зависит как от схемы ВК, так и от числа спаренных выходных транзисторов и их типа. Выходное сопротивление рассматриваемого усилителя измерено с помощью сигнала, подаваемого на выход через сопротивление нагрузки. Программа рассчитывает параметр по формуле и выводит график выходного сопротивления, показанный на **рис. 9**.



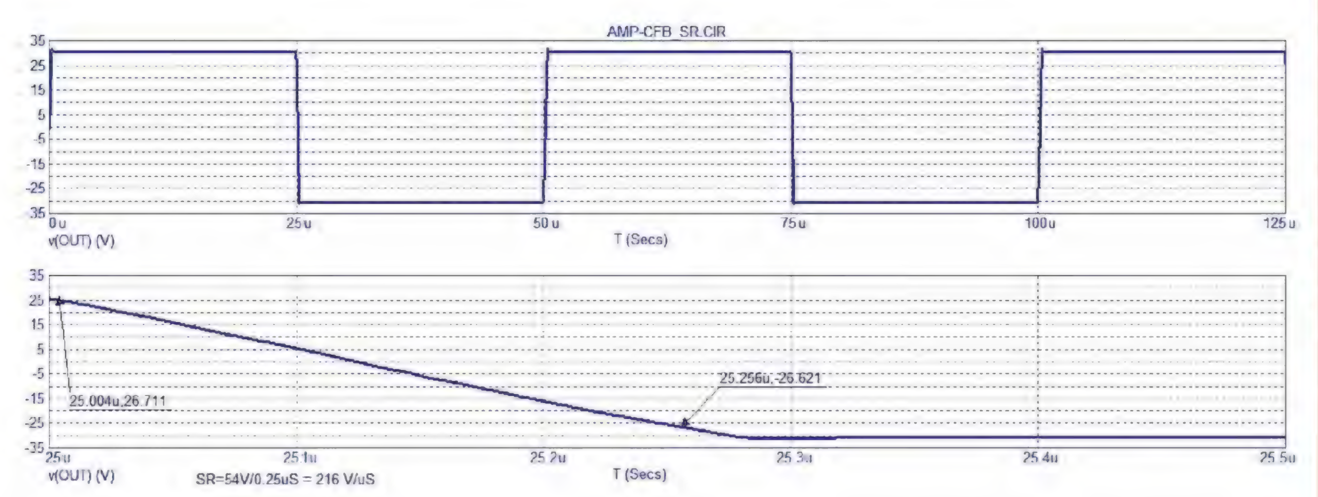


Рис. 8

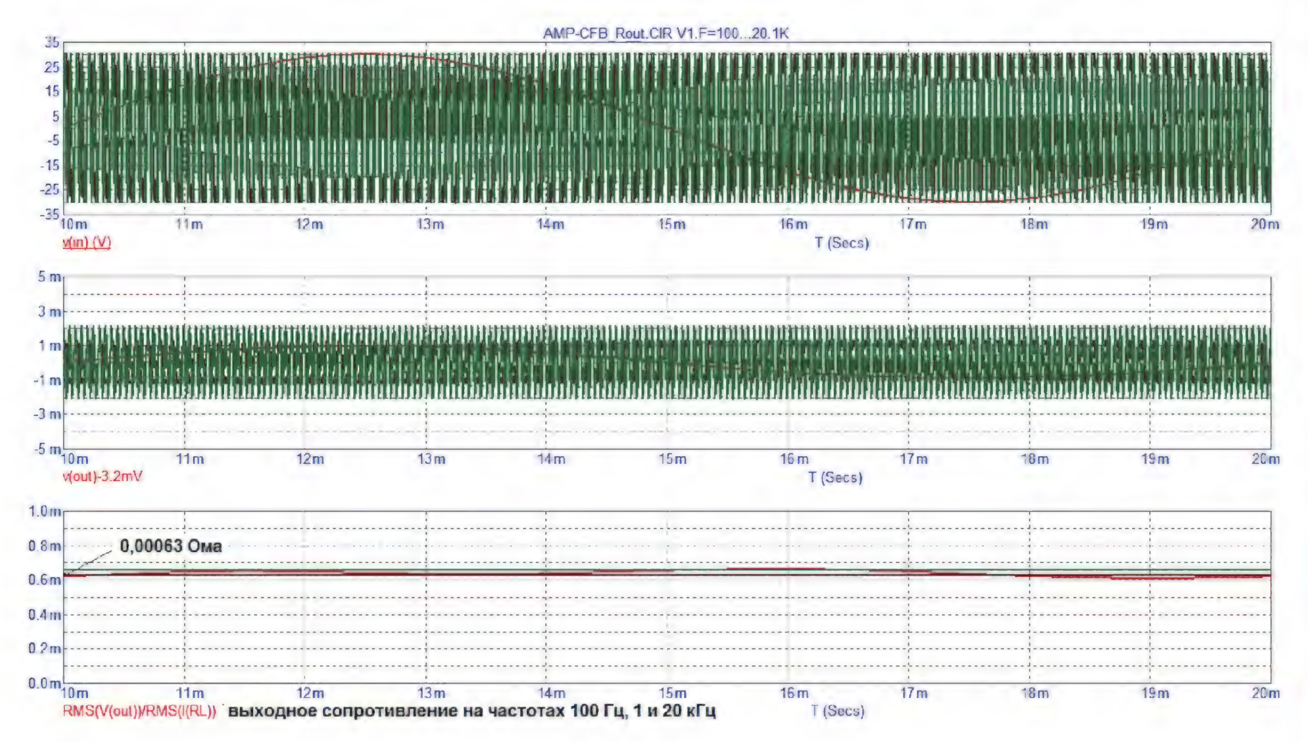


Рис. 9

Из графика видно, что выходное сопротивление в полосе звуковых частот практически постоянно и равно всего 0,00063 Ом. Верхняя осциллограмма — испытательные напряжения частотой 100 Гц, 1 и 20 кГц, вторая осциллограмма — напряжение на выходе усилителя, нижняя осциллограмма — выходное сопротивление. Расчётная формула приведена внизу слева.

Ещё одна особенность усилителя, которая влияет как на надёжность УМЗЧ, так и на заметность искажений при перегрузках, — это поведение усилителя при ограничении амплитуды (клипировании).

При жёстком ограничении амплитуды в спектре выходного сигнала возникают высшие гармоники значительного уровня, что может приводить к выходу из строя ВЧ-головок. В некоторых усилителях клипирование сопровождается сквозным током, что может приводить к выходу из строя выходного каскада. Поведение усилителя при перегрузке показано на **рис. 10**.

Мягкое клипирование обусловлено использованием повторителей на транзисторах Q7, Q8.

Слабым местом усилителей с ТОС является проникание пульсаций питающего напряжения на выход усилителя. Для исключения этого эффекта достаточно питать усилитель напряжения от стабилизированного источника питания. Проанализируем проникание пульсаций на выход усилителя для варианта питания всего усилителя от одного источника напряжения (между резисторами R27, R33 и R28, R34 включены перемычки). Для этого вход усилителя замыкаем перемычкой, в один провод питания вводим источник помехи и снимаем АЧХ проникшей на выход усилителя помехи (**рис. 11**).

Как видим из графика рис. 11, проникание помех с цепи питания носит частотно-зависимый характер. Причём наибольшее подавление помехи происходит в области наибольшей чувствительности слуха.

Конструкция и детали

С помощью стабилитронов D1, D2 организовано напряжение +/−15 В для питания входного каскада и ОУ интегратора системы балансировки нуля на выходе. Все диоды — 1N4148, можно использовать КД522, КД510.

Питание усилителя напряжения желательно выполнить от источника питания, напряжение которого на 5...8 В

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2018

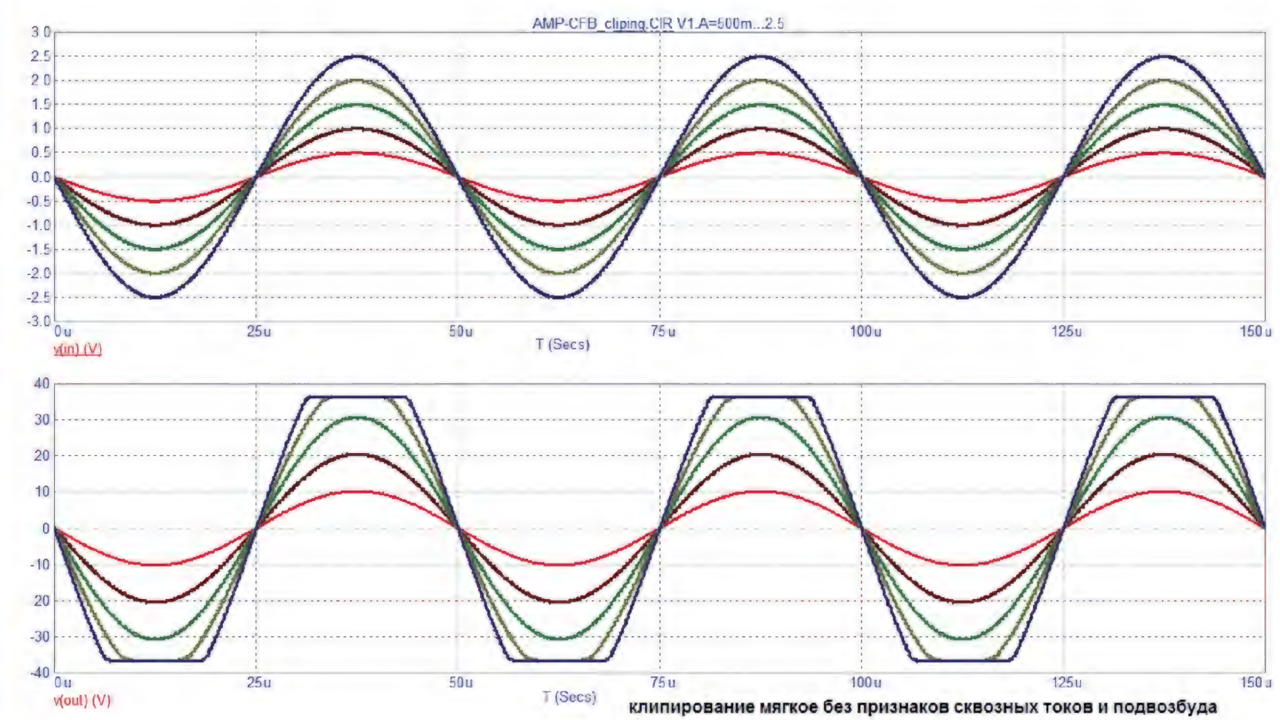


Рис. 10

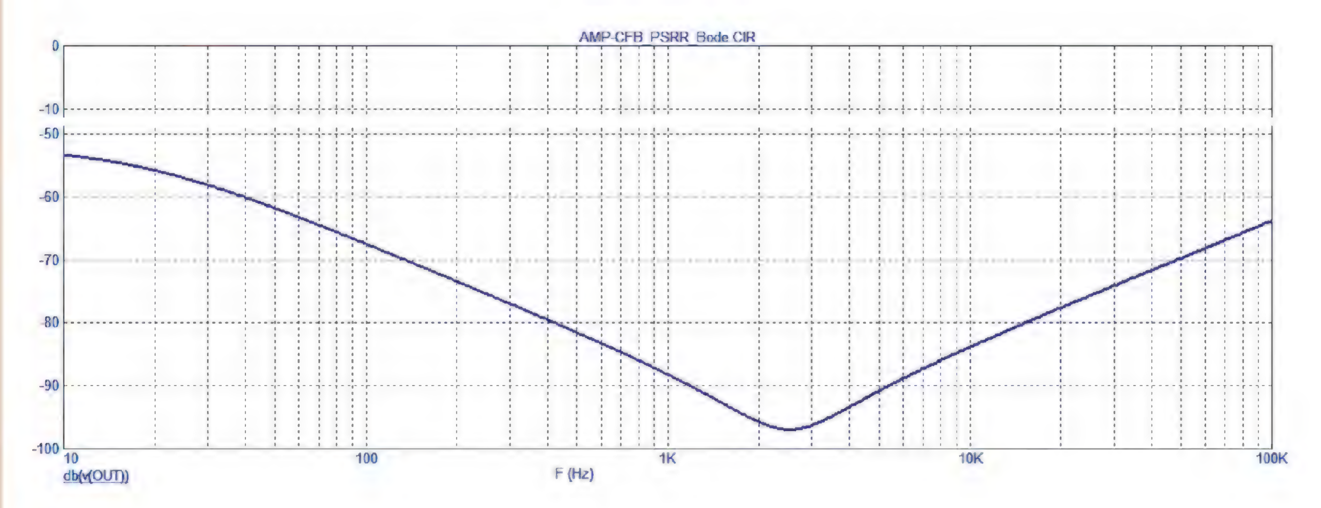
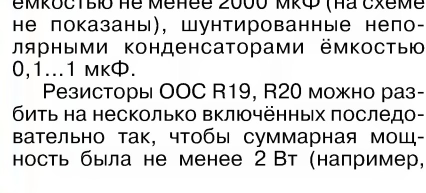


Рис. 11

выше напряжения питания ВК, желательно от отдельной обмотки трансформатора. Напряжение должно быть либо стабилизировано простейшим параметрическим стабилизатором, либо отфильтровано электронным фильтром. В случае питания от общего источника напряжения следует включить перемычки между резисторами R27, R33 и R28, R34. Вблизи выходных транзисторов необходимо расположить дополнительные блокировочные оксидные конденсаторы суммарной ёмкостью не менее 2000 мкФ (на схеме не показаны), шунтированные неполярными конденсаторами ёмкостью 0,1...1 мкФ.



Резисторы ООС R19, R20 можно разбить на несколько включённых последовательно так, чтобы суммарная мощность была не менее 2 Вт (например, четыре резистора по 107 или 110 Ом мощностью по 0,5 Вт).

Транзисторы Q12—Q17 должны быть снабжены "флажковыми" теплоотводами или по возможности размещены на общем теплоотводе. Транзистор Q10 желательно расположить на общем теплоотводе как можно ближе к выходным транзисторам.

Кроме указанных на схеме маломощных транзисторов, можно использовать 2SC1815, 2SA1015; BC546, BC556; 2N3904, 2N3906; 2SC2240, 2SA970; 2SC2705, 2SA1145 и др. Вместо BD139, BD140 можно использовать 2SC3421, 2SA1358; 2SC5171, 2SA1930.

В качестве выходных транзисторов можно использовать MJ15024, MJ15025; 2SC5949, 2SA2121; 2SC2922, 2SA1216; MJL21194, MJL21193 или аналогичные.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Crowhearst N.** Some Defects in Amplifier Performance not covered by Standard Specifications. — Journal of the Audio Engineering Society, October 1957, pp. 195—201.

2. **Лозицкий С.** УМЗЧ с токовой обратной связью. — Схемотехника, 2003, № 2, с. 12—14.

3. **Андроников Д.** Усилитель мощности Lynx17 с ТОС и выходным каскадом на биполярных транзисторах. — URL: **https://www. lynxaudio.net** (15.03.18).

4. Усилитель NHB 108_Dartzeel. — URL: **http://forum.vegalab.ru/showthread.php?t=37151&page=5** (15.03.18).

5. **Петров А.** Виртуальный прибор для измерения коммутационных искажений УМЗЧ. — Радиоаматор, 2018, № 1-2, с. 2—5.

Особенности восприятия звуковой информации. Уточнение механизмов распознавания

А. ГАЙДАРОВ, г. Москва

В статье автор рассказывает об особенностях распознавания звуковых сигналов слуховым аппаратом человека с участием головного мозга. Эти особенности показывают существенное расхождение экспериментальных результатов с теоретическими расчётными характеристиками, основанными на спектральном анализе звуков. Автор обращает внимание на необходимость смены или уточнения математических представлений слухового анализа звука и его восприятия во всей полноте информации, что, в частности, способствовало бы совершенствованию аппаратуры звуковоспроизведения.

О спектральном и временном представлении звуковой информации

Попробуем сгруппировать представления из научного арсенала дисциплин, имеющие непосредственное отношение к воззрениям о механизме функционирования слуха. В качестве таких дисциплин, призванных нести ответственность за представления о восприятии всей полноты информационной сути реальных сигналов, рассмотрим акустику, теории цепей, информации, обработки сигналов и психофизиологию звуковосприятия. Особое внимание обратим на представления, касающиеся детального распознавания индивидуальных отличительных признаков информационных сигналов. Попробуем совместить стратегические первоосновы их представлений и наблюдаемые на опыте данные, организовав из них некий достаточный и взаимно непротиворечивый консенсус.

1. Итак, довольно простые, но весьма показательные эксперименты, проведённые любознательными операторами магнитной звукозаписи многие десятки лет назад, наглядно показали, что информативность воспринимаемых слухом звуков резко снижается при удалении, утрате или деформации сигналограммной части начальных переходных процессов, называемых атаками [1].

2. Теория сигналов не скрывает, что спектральный домен* представления информационных сигналов заведомо неполон и для исчерпывающего представления всей совокупности индивидуальных распознавательных признаков реальных сигналов требует дополнения параметрами, отображаемыми только во временном домене* их представлений. При этом, однако, следует особо отметить неопределённость и неоднозначность понимания разными авторами границ приложения и внутреннего содержания термина "временной домен". В качестве наглядной иллюстрации последнего примечания следует привести взгляды канонизированного за рубежом теоретика, в честь которого на форумах Audio Engineering Society устраиваются ежегодные мемориальные чтения. Heizer в [2] считает, что для перехода во временной домен представлений достаточно всего лишь перейти в формулах от частот установившихся колебаний к их периодам. Используя эту неопределённость представлений о временном домене, современные последователи исходной спектральной концепции электроакустики (обоснования связи качества звуковоспроизведения с инструментально измеряемыми параметрами устройств) развивают идею полной эквивалентности представлений временных свойств акустических сигналов с их фазовыми характеристиками [3]. Эти попытки, по существу, следует расценивать как недостаточно осознаваемое устремление опровергнуть признание заведомой неполноты представлений свойств информационного содержания сигналов в спектральном домене. Ведь фазовые характеристики сигналов являются только одним из аспектов их спектральных представлений. Поэтому одно из двух: или спектральные характеристики достаточны для исчерпывающего представления всех распознавательных признаков реальных информационных сигналов через полную эквивалентность фазовых характеристик всем данным временного домена представлений этих сигналов, или временные характеристики сигналов принципиально не эквивалентны фазовым характеристикам и не сводимы к ним.

3. Кстати, фазовые представления сигналов призваны отражать временные зависимости, но только на языке периодических явлений, из-за чего эти представления оказываются количественно верны только кусочно-локально, с точностью до периода. Из последнего следует нетривиальный вывод о том, что свойства рассматриваемого тракта и его элементов во временном домене должны описываться непериодическими функциями, т. е. не на языке рядов Эйлера, Фурье и их разновидностей, использующих тригонометрические и другие периодические функции.

Наиболее критически и креативно мыслящие создатели теории информационных сигналов и цепей уже во вводных, терминологических началах своих трудов [4] чётко разграничивают информационные сигналы и детерминированные. А к детерминированным относятся все периодические сигналы вместе с их математическим представлением через ряды тригонометрических функций аппаратом Фурье и как частного случая таких разложений, предложенных Эйлером.

4. Слух распознаёт приход знакомых ему акустических образов практически в режиме реального времени, затрачивая на это около 1 мс, что может быть существенно меньшим периодичности изменения мгновенных значений звукового давления [1]. Столь малые отрезки квазипериодических сигналов, переводящие их в разряд импульсных, имеют **непрерывный плавный спектр** во всей слышимой полосе частот. Если слух основывает распознавание индивидуальных признаков сигналов на спектральном анализе, то в соответствии с теоремой неопределённости для распознания таких широких спектров ему необходимо большое время. Поэтому исследователи, вынужденные пользоваться общепринятой терминологией, выражают результаты своих наблюдений в таких выражениях: "Лоттермозер показал, что важнейшую роль в нашем слуховом восприятии играют колебания частоты (следовательно, и высоты тона) в процессе установления звука". Если постараться перевести содержательную идею этой мысли на язык соответствующих стадий информационных сигналов, то следует просто назвать их своими именами: **определяющую роль в распознавании звуковых образов играют начальные переходные процессы (атаки) звуков, предшествующие стадиям установившихся колебаний.**

Эти идеи просто витают в воздухе: "Особо отметим универсальный психофизический закон Вебера—Фехнера (почему-то игнорируемый в образовательных программах школ и вузов). Он гласит: Сила ощущения пропорциональна логарифму силы раздражения".

Или вот ещё о распознавании речи: "Основную семантическую, т. е. смысловую, нагрузку несут именно согласные звуки. Гласные звуки нужны в основном для грамматического оформления слова. В фонетическом отношении они "разряжают" согласные из-за того, что людям сложно произнести более двух-трёх стоящих рядом согласных. Лингвистические эксперименты показывают, что слово легче угадывается, если даны только согласные, нежели, когда приводятся одни гласные. Это хорошо видно в речи шёпотом и в передаче "Поле чудес". Когда существует костяк согласных, например "пр-д-м-й", то слово "придумай" распознаётся скорее, чем в том случае, если даны "и-у-й". Факт, замеченный ещё в древности, поэтому тексты, написанные на пергаменте, часто состоят из согласных. В иврите и арабском языке, например, до сих пор пишутся только согласные".

**Спектральный домен, временной домен — спектральная либо временная область представления математических функций или сигналов.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Из этого следует, что для исчерпывающего распознавания сигналов нужно сравнивать не только гармонические спектральные представления установившихся поддержек, априорно частичные, неполные и затрагивающие лишь общую, периодически повторяющуюся, детерминированную часть свойств реальных информационных сигналов. Хотя спектральное представление и продолжает привлекать новые поколения своей простотой, компактностью, правдоподобием, оставаясь во многих областях применения достаточно эффективным методом.

О полноте представлений о слухе

Парадоксальная непривычность ситуации как раз и заключается совсем не в принципиальной альтернативности существующего и нащупываемого подходов, а только в их **разной степени полноты**. Скажем для примера, что хорошо известные всем представления об устройстве Солнечной системы у Аристотеля (полный геоцентризм), у Коперника (гелиоцентризм) и малоизвестное — у автора самых точных и подробных на то время инструментальных наблюдений Тихо Браге (геоцентризм с обращением в нём вокруг Земли гелиоцентрической планетной системы, обращающейся вокруг Солнца), принципиально альтернативны, хотя последняя система представлений и выглядит некой комбинацией двух первых. Суть искомой новизны в акустике — в обеспечении исчерпывающего характера и однозначности трактовки системы представлений, дополняющей спектральные параметры, причём не дополнительными факторами незначительных уточнений представлений, а, наоборот, самыми существенными, главными факторами, влияющими на распознавание отличительных признаков информационных сигналов, учитывая заведомую пороговость ощущения различий сигналов слухом.

Сравнивать надо сами сигналы, без купюр, акцентируя внимание на переходных процессах атак и интересуясь не тождественным совпадением, а только относительным подобием их распознавательных признаков. Это будет способствовать и объяснению до сих пор не понимаемой причины наблюдаемой краткости времён распознавания звуков слухом [1], необъяснимой в рамках спектральной концепции восприятия сигналов, которая предполагает, что чем шире спектр сигнала, тем шире должно быть временное окно его распознавания.

Сопоставления формы сигналов называют корреляцией. Типовые информационные образы формируются, накапливаются, обрабатываются и хранятся в памяти, совершенствуя эту библиотеку образов всю жизнь каждого индивида, независимо от осознания им этой непрерывной работы мозга. Эти общие положения есть и в предыдущей концепции, хотя там они связаны не с подобием самих атак сигналов, а с идентичностью спектров их поддержек. Не новым также следует признать и ситуационно обусловленное предожидание слухом прихода вероятных сигналов, преимущественно из числа уже оставивших в памяти свои образцы, и вместе с дисперсией возможных отклонений от наиболее вероятного варианта, как и разветвляющийся (бифуркационный) процесс отбора: на какой из образцов близкого вида более всего похож поступающий сигнал? Эта альтерация не исключает и третьего, когда, несмотря на некоторое сходство, новый образ следует всё-таки отнести к новому виду, до сих пор не имеющему аналогов в памяти.

Первое отражение

Прямой звук

а

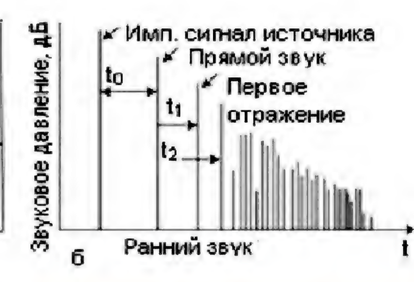


Рис. 1

признаков. А самой системе восприятия это даёт незаменимую возможность не тратить распознавательные ресурсы на тождественные или масштабно подобные повторы информации, уже воспринятой только что или когда-либо ранее [1, 4]. Плотный и равномерный временной спектр ранних повторов сигналов атак в течение 50...90 мс (**рис. 1**) повышает разборчивость речи и музыкальное впечатление от музыки, являясь тем самым важнейшим критерием акустического качества концертных залов и иных помещений прослушивания в архитектурной акустике.

Эту особенность восприятия дублирования и суммирования информационной недетерминированной части сигналов можно назвать "многостраничной корреляцией". Кстати, ряд специалистов, особенно из метрологов, недостаточно глубоко понимают это, о чём свидетельствует следующий пример.

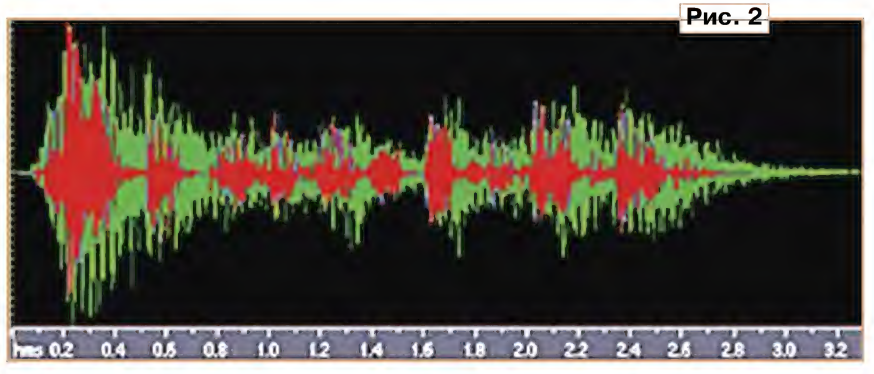
На **рис. 2** показана осциллограмма одного и того же речевого сигнала — в заглушенной камере (красным) и в помещении (зелёным).

А вот резюме авторов исследования, откуда взята эта иллюстрация: "Влияние реверберационного процесса на структуру речевого сигнала можно отчётливо увидеть на примере осциллограмм, записанных в заглушенной камере и в помещении с большим значением реверберации (рис.).

Естественно, что при таком существенном изменении временной структуры речевого сигнала процесс его распознавания существенно ухудшается".

Второй фактор: у слуха нет необходимости пользоваться абсолютными значениями частот и звукового давления. Ему не только достаточно, но и удобнее пользоваться относительными величинами, описываемыми не линейными шкалами давлений и частот, а логарифмическими шкалами уровней давлений и относительных частот (октав и их долей). То есть слуховая система распознавания отличительных признаков построена на преимущественном выявлении относительных величин недетерминированности поступающих сигналов. А для относительных величин нужны образцы сравнения — аналогично тому, как строится система уровней звукового давления, используя стандартизованное значение звукового давления, соответствующего абсолютному порогу слышимости. Но слух является самостоятельно адаптирующейся системой, автоматически меняющей поро-

Рис. 2



Существенно новыми тут представляются два предлагаемых системообразующих концептуальных фактора, связанных с непредсказуемостью вида, порядка и времени поступления информационно содержательных частей сигналов.

Первый: корреляции подвергаются исключительно недетерминированные элементы поступающих сигналов, и этот принцип используется в системообразующем, фрактальном виде, автоматически отключая внимание от повторов сигналограмм на всех масштабах сравнения с образцами. Это позволяет, к примеру, повторам сигналов, возникающим за счёт ранних отражений от архитектурных элементов помещений, поступающим во временном окне восприятия после первичной атаки, дублировать и уточнять недостаточно чётко распознанные детали индивидуальных распознавательных

ги чувствительности к величинам изменений, недетерминированным по сравнению с итоговой ситуацией формирования непосредственной предыстории. То есть слух использует предыдущие уровни поступающих сигналов со считанным им информационным содержанием как часть, вычитающую детерминированность и одновременно калибрующую метрику на данном этапе восприятия стимулов. Это позволяет слуху быстро и автоматически решать, по крайней мере, четыре важнейшие задачи системы восприятия:

— автоматической регулировки чувствительности (АРЧ) и нормирования приходящих сигналов для их сопоставления с образцами из памяти и выявления только индивидуальных различий, составляющих нетривиальную (недетерминированную в данной ситуации) информационную суть этих сигналов;

— беспрецедентности величин: динамического диапазона (амплитудной чувствительности) — свыше 120 дБ по уровню (более 10^{12} раз!) и частотного диапазона восприятия звука — шире 10 октав (более 2^{10} раз);

— бионической импульсно-кодовой модуляции (БИКМ) — оцифровки сигналов среднего уха для мозга, наблюдаемой на нервных аксонах связи уха с мозгом, которая до сих пор не поддаётся детальной расшифровке и интерпретации [5];

— предельно возможной экономичности системы восприятия.

Суммируя эти механизмы, слуховой анализатор следует рассматривать как **"многостраничный коррелятор относительных величин недетерминированных аспектов (переходных процессов) в непредсказуемой последовательности предожидаемых, заранее оговоренных элементов, их групп и последовательностей, который асинхронно открывает временные окна восприятия новых сигналов по превышениям относительного порога восприятия, обусловленного предысторией"**. Система всегда находится в режиме ожидания существенных изменений звуковой обстановки. Критерием существенности при этом является относительный порог изменения громкости или непредсказуемости характера звуков. Кроме общих задач наблюдения за обстановкой, у слуха могут быть и ситуационно приоритетные, к которым обостряется предожидание сигналов. Так мать, спокойно спящая под звуки работающего телевизора или в шумном транспорте, просыпается от едва слышного изменения ритма дыхания или от шевеления грудного ребёнка.

Сравнение сигналов с образцами, совмещённое с выявлением локальных и обобщённых аспектов детерминированности для перехода в ждущий режим дежурства, вероятнее всего, происходит простым вычитанием сигналов. В пользу этого говорит *недавнее открытие в среднем ухе рефлекторного ортоакустического излучения собственных сигналов, синхронно с поступаемыми [6]. Слух как бы напевает в унисон, подтверждая тем самым угадывание мелодии, слов и особенностей голоса исполнителя, высвобождая тем самым рецепцию для прихода существенно новых и важных сигналов* в данной ситуации: либо комфортного отдыха, либо необходимости быстрого принятия жизненно важных решений в случае неожиданного землетрясения [4, 6, 7].

На **рис. 3** показано анатомическое строение органов слуха человека.

Рассмотренные аспекты восприятия следует дополнить объяснениями распределённого устройства рецепторной системы слуха — его бинауральности и распределённой чувствительности волосков на мембране улитки. Учёт и этих особенностей возможен за счёт дополнительных фрактальных уровней корреляционного сравнения относительных изменений — динамики паттернов** распространения фронтов возбуждений волосковых рецепторов в улитке одного уха и в сопоставлении этого динамического паттерна с похожим, но не тождественным ему паттерном в другом ухе пары и временного сдвига между ними.



Рис. 3

Необходимость временных меток в информационном обмене — кардинальная проблема информационных технологий, актуальность которой впервые полномасштабно обнажилась в радиолокации. Переходные процессы и относительные пороги переключения на новый уровень слежения решают и эту проблему, причём решение этих проблем, весьма затруднительное для аппарата детерминированных сигналов, для недетерминированных происходит без дополнительных затрат, естественно и просто. Поэтому наиболее вероятно, что слух сравнивает последовательности переходов через динамические пороги недетерминированности, наблюдаемых исследователями в нервных волокнах при взаимодействиях уха с мозгом. Эти последовательности автоматически нормированных скачков естественно назвать "сигнатурами" звуков. Тогда в памяти (долговременной — в головном мозге и кратковременной — вероятно, в самом среднем ухе) должны храниться не сами сигналограммы переходных процессов звуков, а только их импульсные сигнатуры, формируемые в рецепторной части слуха. Все мыслительные процессы мозга, связанные с обобщёнными абстракциями, проще всего объяснить именно информационными сигнатурами реальных сигналов. Конечно, это только гипотеза, хотя и с весьма глубоким потенциалом перспективного развития. Поэтому она требует экспериментального подтверждения физиками, психологами и физиологами, что в наших современных условиях совсем не просто и кажется трудно осуществимым. Однако, насколько известно [1, 2, 4, 5], конкурентоспособных идей, альтернативных таким взглядам, нет ни у акустики, ни у биологии. Так что игнорировать её нецелесообразно, а опровержение возможно только за счёт глубокого исследования этой проблематики. А для прогресса воззрений нужно именно это. Поэтому представление идей такого рода на суд научной общественности не просто полезно, а предельно необходимо для всех участвующих сторон. Сделать из этих идей рыночные продукты с соответствующим масштабом бизнеса в одиночку невозможно. Идеи такого рода целесообразно развивать путём создания научных школ с выраженной инновационной направленностью, учитывая при этом первоочерёдность применения практических результатов в интересах обороноспособности и экономики страны.

***Паттерн — образец, шаблон.*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Макс Ж.** Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. — М.: Мир, 1983.

2. **Harmuth H. F.** Sequency Theory: Foundations and Applications. — New York: Academic Press, 1977 (XIV), 505 p.

3. 70-летие кафедры радиовещания и электроакустики. — М.: МТУСИ, 2002.

4. **Воробьёв В. И., Грибунин В. Г.** Новые информационные технологии. Теория и практика Вейвлет преобразования. — С.-Пб: ВУС, 1999.

5. **Colloms Martin**. High performance loudspeakers. Part 2. 1982.

6. **Алдошина И. В., Войшвилло А. Г.** Высококачественные акустические системы и излучатели. — М.: Радио и связь, 1985.

7. **Айзинов М. М.** Избранные вопросы теории сигналов и теории цепей. — М.: Связь, 1971.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2018

Широкополосный АМ-приёмник авиадиапазона "Вестник"

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Автор предлагает вариант приёмника диапазона 118...137 МГц (AIR, или авиадиапазона). Отличительная его особенность в том, что он позволяет принимать сигнал сразу во всём указанном диапазоне благодаря применению логарифмического усилителя—детектора на специализированной микросхеме AD8307AR.

Область увлечений радиолюбителей не имеет границ. Несмотря на засилье интернет-вещания, пока ещё остаются энтузиасты приёма вещательных и других радиостанций из эфира. К таким, несомненно, относятся и любители приёма в диапазоне 118...137 МГц (в так называемом AIR, или авиадиапазоне). В Интернете существуют сайты, на которых радиолюбители обмениваются информацией по этой тематике. И, конечно, есть немало описаний радиоприёмников или конвертеров этого диапазона, от простых до сложных. В журнале "Радио" также были опубликованы конструкции конвертеров [1, 2].

Вниманию читателей предлагается описание широкополосного АМ-приёмника, который обеспечивает приём сразу во всём диапазоне 118...137 МГц. С одной стороны, это может показаться не совсем удобным, но с другой — если активность радиообмена в авиадиапазоне невелика, такой приёмник позволяет контролировать его целиком. Конечно, он не может заменить "классический" узкополосный АМ-приёмник этого диапазона, но позволяет контролировать общую ситуацию на диапазоне и при необходимости включать "классический" приёмник для сканирования по частоте.

По сути, предлагаемое устройство, схема которого показана на **рис. 1**, — АМ-приёмник прямого усиления. В его состав входят знакомые всем узлы: полосовой фильтр ВЧ, УВЧ, АМ-детектор и УЗЧ, но дополнительно для удобства пользования применён пороговый шумоподавитель.

Приём ведётся на короткую штыревую антенну WA1, для компенсации её

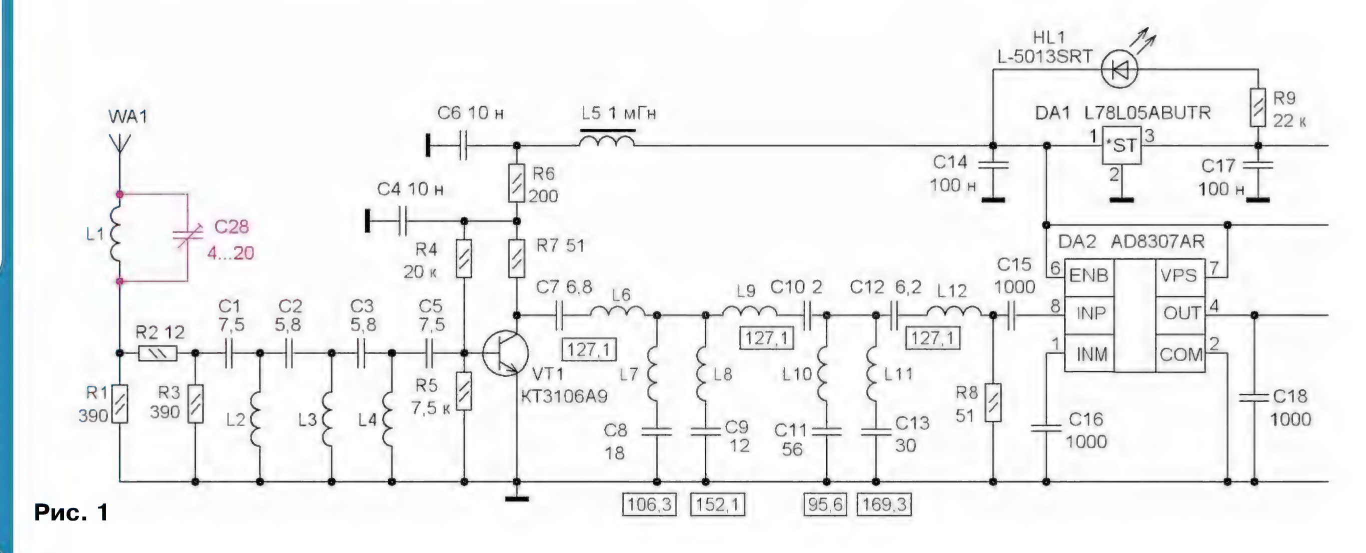


Рис. 1

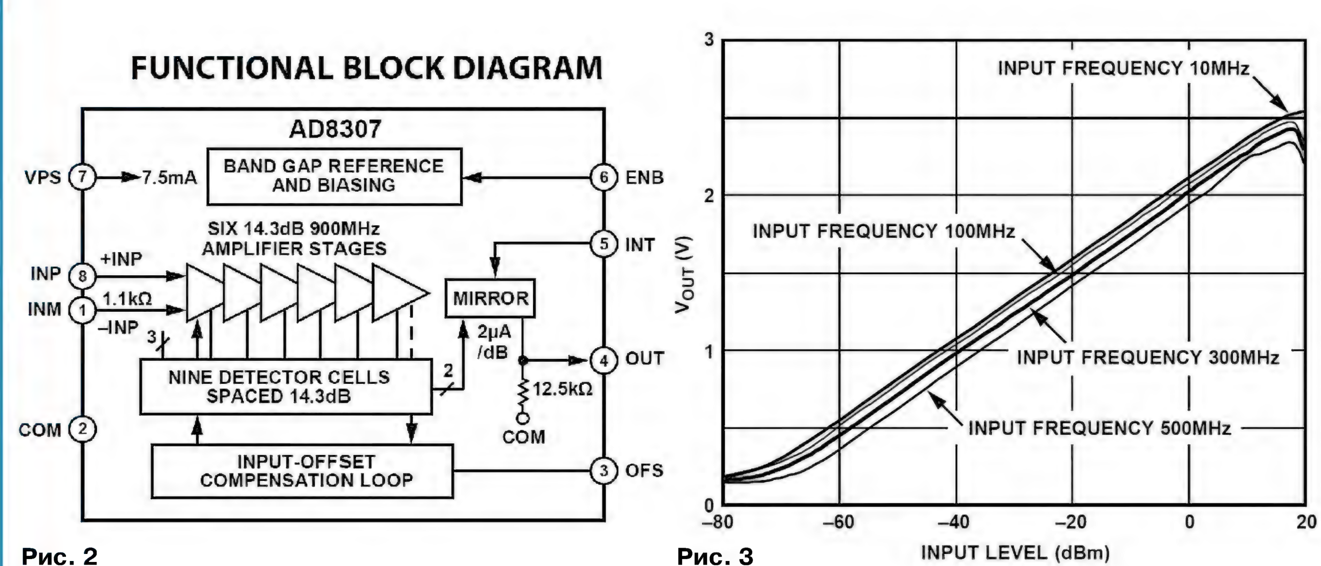
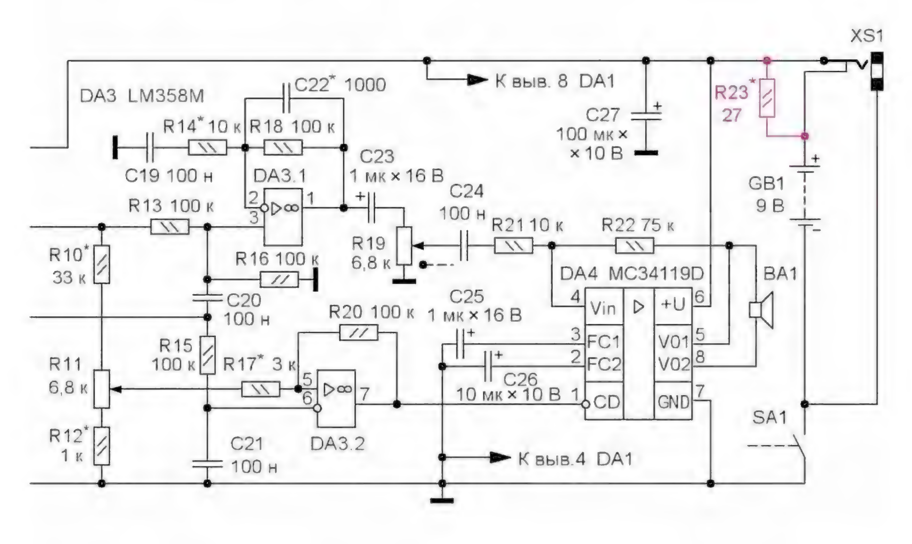


Рис. 2

Рис. 3

ёмкости использована катушка L1. Резистивный аттенюатор R1—R3 (2,5 дБ) обеспечивает согласование антенны с последующим ФВЧ на элементах C1—C5 и L2—L4. На малошумящем транзисторе VT1 собран УВЧ, нагрузка которого — полосовой фильтр, собранный на элементах C7—C13 и L6—L12. Отфильтрованный сигнал поступает на детектор на микросхеме DA2, на ОУ DA3.2 собран компаратор системы шумоподавления, на ОУ DA3.1 — предварительный УЗЧ, а на микросхеме DA4 — выходной УЗЧ. Напряжение питания (5 В) микросхемы DA2 и УВЧ стабилизировано микросхемой DA1 — интегральным стабилизатором напряжения.

Если в приёмнике применить традиционный диодный АМ-детектор, который имеет низкую чувствительность, придётся существенно увеличить коэффициент усиления УВЧ, что может привести к проблемам с его устойчивостью. Другая проблема — большой интервал входных сигналов, как и в любом приёмнике. Если не использовать систему АРУ, на выходе АМ-детектора уровень сигналов ЗЧ будет изменяться на



несколько порядков, что неприемлемо. Введение же АРУ слишком усложняет приёмник.

В значительной степени указанные проблемы можно решить с помощью так называемого логарифмического усилителя—детектора, в данном случае это специализированная микросхема AD8307AR [3]. На **рис. 2** показана её структурная схема. В состав микросхемы входит шестикаскадный усилитель-ограничитель (усиление каждого каскада — 14,3 дБ). К выходам и входам этих каскадов подключены девять детекторов, сигналы которых суммируются и через согласующие узлы поступают на выход микросхемы. Передаточная характеристика микросхемы показана на **рис. 3**, её крутизна — 25 мВ/дБ, а максимальный динамический диапазон входных сигналов — около 90 дБ. Из характеристики, например, следует, что при изменении уровня сигнала в интервале от −60 до 10 дБмВт (на 70 дБмВт) выходное постоянное напряжение изменяется приблизительно от 0,5 до 2,3 В, другими словами, — всего в 4,6 раза. С таким изменением сигнала вполне справится УЗЧ и системы АРУ не потребуется, а на слух это можно воспринимать вполне комфортно. Следует учесть, что это справедливо для односигнального режима. На практике из-за взаимного подавления сигналов диапазон выходных ЗЧ-сигналов окажется несколько больше. Но тем не менее при среднем уровне громкости искажений в УЗЧ не наблюдается. Поскольку передаточная характеристика нормируется и отклонение от линейности не превышает 1 дБ, микросхему AD8307AR часто применяют в различных профессиональных радиоизмерительных приборах, а также в радиолюбительских конструкциях [4].

Ещё одна задача, которую необходимо решить при построении такого приёмника, — эффективное подавление внеполосных сигналов (или помех), что потребует применения многозвенных LC-фильтров. Один из основных источников таких помех — мощные вещательные УКВ-радиостанции, работающие в диапазоне частот 88...108 МГц. Для их предварительного подавления применён ФВЧ, частота среза которого — 118 МГц, минимальное расчётное подавление на частоте 108 МГц — 25 дБ, а на частоте 88 МГц — 50 дБ. У полосового фильтра расчётная полоса пропускания — 19 МГц (118...137 МГц) и подавление за полосой — 60 дБ. На схеме в рамках указаны частоты настройки (в мегагерцах) последовательных контуров полосового фильтра.

Теперь о чувствительности этого приёмника. Она, в принципе, не может быть высокой, поскольку его полоса пропускания — около 20 МГц. Как известно, чувствительность приёмника при прочих равных условиях зависит от его полосы пропускания. Для примера возьмём приёмник с полосой пропускания ΔF_1 = 10...15 кГц и чувствительностью U_{m1}. Если у него расширить полосу пропускания до ΔF_2 = 20 МГц, другими словами, увеличить в 1300...2000 раз, чувствительность станет U_{m2} = (35...45)U_{m1}, т. е. ухудшится в 35...45 раз. Но следует учесть, что назначение такого приёмника несколько иное, чем узкополосного, а именно принимать не одиночный слабый сигнал, а все сигналы в определённом диапазоне частот. В такой ситуации более мощные сигналы неизбежно будут подавлять слабые.

Переменная составляющая (продетектированный АМ-сигнал) выходного напряжения логарифмического детектора на микросхеме DA2 через конденсатор C20 поступает на вход предварительного УЗЧ. Здесь происходит его усиление примерно в десять раз, а за счёт конденсатора C22 ослабляются ВЧ-сигналы и помехи. С выхода предварительного УЗЧ сигнал через конденсатор C23 поступает на регулятор громкости — переменный резистор R19, а с него — на выходной УЗЧ, собранный на микросхеме MC34119D. У этой микросхемы основная отличительная особенность — возможность включения и выключения маломощным сигналом — постоянным напряжением. Это свойство использовано для построения порогового шумоподавителя на компараторе на ОУ DA3.2. Образцовое напряжение на неинвертирующий вход этого ОУ поступает с регулятора порога — переменного резистора R11. Для формирования этого напряжения использовано стабилизированное напряжение 5 В. С целью повышения чёткости срабатывания через резистор R20 введены положительная обратная связь и гистерезис в переключение компаратора. Постоянная составляющая выходного напряжения детектора на микросхеме DA2 через ФНЧ R15C21 поступает на инвертирующий вход ОУ DA3.2. Когда постоянная составляющая продетектированного сигнала превысит образцовое напряжение, на выходе ОУ DA3.2 напряжение станет близким к нулю и УЗЧ включится. Регулятором порога можно установить уровень входного ВЧ-сигнала, при котором срабатывает шумоподавитель.

Светодиод HL1 красного свечения (см. рис. 1) выполняет две функции: индикатора включения и разрядки батареи. Для этого он вместе с токоограничивающим резистором R9 включён между входом и выходом стабилизатора напряжения DA1. Для повышения экономичности сопротивление резистора R9 выбрано относительно большим и применён светодиод повышенной яркости, поэтому светит он неярко. После подачи питающего напряжения светодиод начинает светить. Когда напряжение батареи снижается до 6,9...7 В, при громких звуках происходит "просадка" напряжения, светодиод начинает мигать, что сигнализирует о необходимости замены батареи. При напряжении около 6,5 В светодиод гаснет. Чтобы сдвинуть пороги индикатора вверх, примерно до 7...7,3 и 7 В соответственно, следует применить светодиод повышенной яркости зелёного свечения.

Потребляемый приёмником ток при малой громкости — 17 мА, при максимальной — до 90 мА, в режиме шумоподавления — 14 мА. В случае питания приёмника от внешнего стабилизированного сетевого источника напряжени-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ем 9...12 В вводят гнездо XS1, которое можно установить на плате между переменными резисторами. Если для автономного питания применить аккумуляторную батарею типоразмера 6F22 ("Крона"), для её подзарядки внутри корпуса приёмника на выводах гнезда XS1 устанавливают резистор R23, который ограничивает ток зарядки. Но в этом случае следует применить стабилизированный источник питания с выходным напряжением 9,8 В, что с одной стороны обеспечит полную зарядку аккумуляторной батареи, с другой — исключит её перезарядку.

Печатная плата изготовлена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 4**, а схема размещения элементов — на **рис. 5**. Одна сторона платы оставлена полностью металлизированной и используется в качестве экрана и общего провода. Через отверстия металлизированные участки платы обеих сторон соединены между собой отрезками лужёного провода. Между резисторами R11 и R19 предусмотрено место для отверстия, в которое можно установить гнездо XS1.

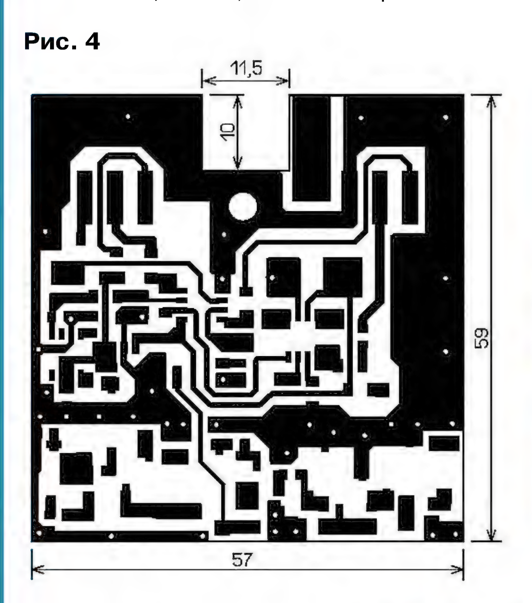


Рис. 4

Рис. 5

В приёмнике применены переменные резисторы R11 и R19 — СП3-3в с выключателем, остальные элементы (кроме катушек индуктивности и дросселя) — для поверхностного монтажа. Постоянные резисторы — типоразмера 1206, керамические конденсаторы — типоразмера 0805, оксидные — танталовые типоразмера A (C23 и C25), B или C (C26) и D (C27). Конденсаторы, входящие в состав LC-фильтров, перед установкой следует обязательно проверить на соответствие номиналу с помощью измерителя ёмкости. Если произойдёт ошибка, поиск неисправности может сильно затянуться.

Транзистор КТ3106А9 можно заменить отечественным КТ368А9 или импортным 2SC3356. Возможно применение транзисторов в корпусе TO92, например, КТ368БМ или SS9018, но их выводы придётся укоротить до минимума. В авторском варианте был применён светодиод LED-7603URC60-9,5Cd красного свечения повышенной яркости в корпусе "пиранья". Он приклеен к корпусу приёмника в соответствующем отверстии. Подойдёт и другой светодиод красного свечения в корпусе диаметром 3...5 мм, но обязательно повышенной яркости.

Дроссель L5 — EC24, его индуктивность — 470...1000 мкГн, катушка L9 намотана на каркасе диаметром 5 мм с резьбой для подстроечника (для возможной подстройки — в авторском варианте она не потребовалась) и содержит десять витков провода ПЭВ-2 0,4. Остальные катушки — бескаркасные и намотаны проводом ПЭВ-2 0,7 виток к витку на оправке диаметром 4 мм. Число витков катушек: L1 — 7,5; L2 — 5,5; L3 — 4,5; L4 — 5,5; L6 — 10; L7 — 6,5; L8 — 4,5; L10 — 3,5; L11 — 2,5; L12 — 10.

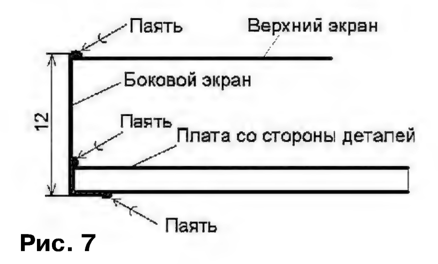


Рис. 7

Небольшие размеры корпуса потребовали применения динамической головки с малой высотой, подходящей оказалась 0,25ГДШ-8 с сопротивлением звуковой катушки 8 Ом. Она закреплена на корпусе термоклеем. Для другого корпуса подойдёт малогабаритная динамическая головка сопротивлением 8...16 Ом, желательно с повышенной отдачей, это сделает приёмник более экономичным. Гнездо XS1 — малогабаритное диаметром 2,5 или 3,5 мм с размыкающимся контактом для подключения головных телефонов.

Вид смонтированной платы показан на **рис. 6**. Часть платы экранирована с помощью двух боковых и одного верхнего экрана. Два боковых экрана изготовлены из тонкой лужёной фольги, согнутой буквой Г, и припаяны к плате с двух сторон (**рис. 7**). После налаживания к боковым экранам в нескольких местах припаян верхний экран, изготовленный из тонкого фольгированного с одной стороны стеклотекстолита или металлизированной медью плёнки. Размещение элементов в корпусе приёмника показано на **рис. 8**. Плата прикреплена к стенке корпуса с помощью гнезда XS1. Если гнездо исполь-

Рис. 6



зовать не планируется или у него мала винтовая часть, плату можно закрепить клеем или с помощью винтов М2.

Из-за малых размеров корпуса была применена телескопическая штыревая антенна с максимальной длиной 335 мм. Если приёмник будет собран в другом корпусе, который позволяет применить антенну длиной в четверть длины волны (в данном случае это около 630 мм), его чувствительность возрастёт, а катушку L1 можно не устанавливать.

Для приёмника был применён пластмассовый корпус размерами 25×64×100 мм от индикатора радиоактивности "Вестник И-16", поэтому приёмник было решено назвать "Вестник" (**рис. 9**). В корпусе оказалось небольшое квадратное отверстие для светодиода, которое использовано по тому же назначению, прямоугольное отверстие для выключателя закрыто шильдиком "RX 118...137", а решётчатое отверстие для акустического сигнализатора использовано для динамической головки. В верхней части корпуса были сделаны два щелевых отверстия для переменных резисторов и одно круглое — для антенны. При необходимости в задней стенке (крышке) делают отверстие для гнезда XS1 (**рис. 10**).



Рис. 8



Рис. 9


Рис. 10

Налаживание начинают с проверки режимов по постоянному току. В случае необходимости подборкой резистора R4 или R5 устанавливают на коллекторе транзистора VT1 напряжение 3...3,5 В. Подборкой резистора R10 устанавливают интервал регулировки порога шумоподавителя. Гистерезис компаратора можно изменить подборкой резистора R17. Коэффициент усиления предварительного УЗЧ можно изменить подборкой резистора R14. Чем больше сопротивление, тем меньше усиление. Затем, при необходимости, изменяют верхнюю частоту воспроизводимых частот в УЗЧ, делают это подборкой конденсатора C22, чем больше ёмкость, тем меньше частота. Нижнюю границу полосы пропускания УЗЧ можно поднять, заменив конденсатор C23 керамическим ёмкостью 0,1...0,22 мкФ. Сквозную АЧХ фильтров приёмника желательно проверить с помощью панорамного индикатора.

Эксплуатация в течение нескольких месяцев показала, что на расстоянии нескольких километров от МКАД помех от радиовещательных УКВ-станций нет, но заметную помеху приёму создаёт расположенный недалеко репитер диапазона 144 МГц. Поскольку интенсивность работы репитера была высокой, потребовалось устранить эту помеху. Это удалось за счёт установки подстроечного конденсатора C28 (КТ4-25) параллельно катушке L1, при этом число её витков было уменьшено до пяти с половиной. Образовавшийся контур L1C28 надо настроить на частоту репитера. Сделано это было на слух по максимуму подавления сигнала репитера. Следует отметить, что сопротивление этого контура в диапазоне частот 118...137 МГц имеет индуктивный характер, поэтому он частично компенсирует ёмкостную составляющую сопротивления короткой штыревой антенны.

Плату несложно установить в корпус другого размера, для этого её можно уменьшить, не используя участки для монтажа переменных резисторов, которые возможно разместить на некотором удалении от платы, применив для соединения монтажные провода, а для подключения антенны — малогабаритное коаксиальное ВЧ-гнездо. При необходимости это гнездо с платой соединяют коаксиальным ВЧ-кабелем.

С учётом того что верхняя граница диапазона рабочих частот микросхемы AD8307 — 500 МГц, применив полосовой фильтр на другую частоту, можно изготовить АМ-приёмник соответствующего диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Конвертер диапазона 118...137 МГц. — Радио, 2016, № 9, с. 24—26.

2. **Нечаев И.** Конвертер диапазона 118...137 МГц с плавным гетеродином. — Радио, 2018, № 4, с. 16—18.

3. Low Cost, DC to 500 MHz, 92 dB Logarithmic Amplifier. — URL: **http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8307.pdf** (12. 04.18).

4. **Нечаев И.** Индикатор напряжённости поля на микросхеме AD8307. — Радио, 2003, № 3, с. 64, 65.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

МОСКВА. Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ) в числе прочих 17 апреля рассмотрела вопрос о внедрении в России радиовещания нового цифрового стандарта DAB+. Комиссии был представлен отчёт Научно-исследовательского института радио (ФГУП НИИР) о возможности работы в России сетей DAB+ и их совместимости с действующими сетями в полосе радиочастот 175,872... 228,128 МГц.

ГКРЧ решила, что технология DAB+ может использоваться при определённых условиях и при наличии свободного радиочастотного ресурса в рамках действующего порядка и установленных процедур. Для развёртывания сетей связи с технологией DAB+ необходимо провести сертификацию оборудования и корректировку нормативных документов, определяющих лицензирование цифрового радиовещания нового стандарта (источник — URL: **http://minsvyaz.ru/ru/events/38154/** (24.04.18)).

Перед этим сообщением из Минсвязи и после него в прессе и в электронных СМИ стали появляться статьи самого разного происхождения и содержания на тему цифрового радио в России.

Одна из них — от не менее солидного агентства РБК+ под названием "Радио осваивает цифровой формат". В ней делается попытка анализа ситуации и предстоящих вложений в развитие цифрового радио в России (источник — URL: **http://www.rbcplus.ru/news/5ad757937a8aa91133363d86** (24.04.18)).

Совсем недавно появившееся Агентство цифрового радиовещания (сайт — **http://ацрр.рф**) организует проведение первого конгресса по цифровому вещанию в России в Санкт-Петербурге 18 мая, где предполагается обсудить весь спектр проблем, вплоть до производства отечественных радиоприёмников.

К сожалению, рамки рубрики не позволяют разместить все имеющиеся материалы на эту тему. Мы предполагаем в дальнейшем информировать читателей о развитии ситуации с цифровым вещанием в России.

АДЫГЕЯ. С 1 апреля в г. Майкопе трансляции программ "Радио России" с включениями ГТРК "Адыгея" ведутся на новой частоте 98,8 МГц. Вещание в диапазоне УКВ OIRT (65,9...74 МГц) прекращено (источник — URL: **http://adygtv.ru/20103/** (24.04.18)).

ГТРК "Адыгея" в летнем сезоне транслирует программы иновещания на коротких волнах по следующему расписанию:

— по понедельникам с 18.00 до 18.30 — на адыгейском, арабском и турецком языках, с 18.30 до 19.00 — на адыгейском языке;

— по пятницам с 18.00 до 19.00 — на адыгейском языке;

— по воскресеньям с 19.00 до 20.00 — на адыгейском языке.

Всё вещание ведётся на частоте 6000 кГц, мощность передатчика — 100 кВт. Сайт ГТРК "Адыгея": **http://www.adygtv.ru/programs/radio-inoveshchanie/broadcasted/**.

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. С 5 апреля программы радиостанции "Комсомольская правда" транслируются с оборудования, размещённого на передающей станции филиала РТРС "Алтайский КРТПЦ" в г. Барнауле. Передатчик мощностью 1 кВт работает на частоте 106,8 МГц (источник — URL: **http://altai.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-stal-operatorom-fm-translyatsii-radio-komsomolskaya-pravda-v-barnaule/** (24.04.18)).

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ. 12 апреля в г. Архангельске официально стартует вещание музыкальной радиостанции, работающей в формате "Radio Jazz", частота вещания — 91,6 МГц (источник — URL: **http://www.news29.ru/m/kultura/V_preddverii_Mezhdunarodnogo_dnja_dzhaza_v_Arhangelske_nachnet_veschanie_dzhaz_radio/72764?social** (24.04.18)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. 22 марта филиал РТРС "Белгородский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Маяк" в г. Белгороде на частоте 88,7 МГц. Трансляция начата в соответствии с плановой модернизацией сети радиовещания ВГТРК (источник — URL: **http://belgorod.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-mayak-v-belgorode/** (24.04.18)).

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. 1 апреля филиал РТРС "Волгоградский ОРТПЦ" перевёл радиостанцию "Радио России" в г. Урюпинске на новую частоту 103,4 МГц. Для вещания используется передатчик мощностью 100 Вт (источник — URL: **http://volgograd.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-perevel-radiostantsiyu-radio-rossii-v-uryupinskom-rayone-v-fm-diapazon/** (24.04.18)).

В городе-герое Волгограде, а также соседнем г. Волжском песни, транслируемые радиостанцией "Шансон", можно слушать с 19 апреля на частоте 100 МГц. С этого же дня в эфир будут выходить выпуски местных новостей. А в ближайших планах станции — запустить для волгоградцев программу по заявкам "Только для вас" (источник — URL: **http://radioshanson.fm/news/radio-shanson-teper-zvuchit-v-volgograde** (24.04.18)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. К сети вещания радиостанции "Радио родных дорог" в Подмосковье присоединился г. Шатура, здесь станция звучит с 11 апреля на частоте 105,9 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiord?w=wall-143202128_3039** (24.04.18)).

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. 21 марта в г. Орле на частоте 95,6 МГц начала вещание радиостанция "Вера", транслирующая программы православного содержания. Запуск вещания осуществлён с использованием гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов (источник — URL: **https://foma.ru/radio-vera-nachalo-veshhanie-v-orle.html** (24.04.18)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. В г. Волгодонске 22 марта на частоте 105,3 МГц зазвучала музыка мирового класса на радиостанции "Радио Монте-Карло". На протяжении многих лет станция транслирует программы для людей, чьи жизненные ориентиры пересекаются с принципами радиостанции: "нам достаточно самого лучшего". В эфире звучат лучшие зарубежные хиты последних десятилетий: танцевальные поп- и рок-композиции, лирические баллады, диско-музыка, проверенная временем и не одним поколением слушателей (источник — URL: **http://volgodonsk-media.ru/news/v-volgodonske-na-chastote-1053-zazvuchala-muzyka-mirovogo-klassa/** (24.04.18)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. С 4 апреля началось вещание радиостанции "Радио Jazz" в одном из крупнейших городов России Самаре. Для всех жителей города и близлежащих населённых пунктов радиостанция доступна на частоте 97,8 МГц (источник — URL: **http://nsn.fm/samara/veshhanie-radio-jazz-nachalos-v-samare.html** (24.04.18)).

Радиостанция "Радио 7" начала с 5 апреля вещание в г. Тольятти на частоте 94 МГц. Её полное название "Радио 7 на семи холмах". Это — московская музыкальная радиостанция, основанная в 1992 г. Формат станции — "Adult Contemporary" (современная музыка для взрослых). Входит в состав "Европейской медиагруппы" (ЕМГ). В эфире транслируются западные хиты от 70-х годов до настоящего времени. Сайт станции **http://radio7.ru/** (источник — URL: **https://vk.com/samara_fmtv?w=wall-18663493_40264** (24.04.18)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Дорожное радио" с 9 апреля вещает в г. Серове на частоте 91,1 МГц (источник — URL: **https://vk.com/dorognoe?w=wall-23372133_50740** (24.04.18)).

ТАТАРСТАН. Радиостанция "Radio Energy" ("Радио Энергия") с началом апреля зазвучала в г. Бугульме на частоте 96,3 МГц.

"Radio Energy" — первый международный бренд на отечественном радиорынке. Радиостанция входит в холдинг "ГПМ Радио" и является неотъемлемой частью глобальной сети авторитетного и известного международного радиобренда — "Energy" (NRJ), созданного французской NRJ GROUP (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/13717** (24.04.18)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. С 1 апреля филиал РТРС "Тверской ОРТПЦ" перевёл транс-

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

РАДИО®
РАДИОПРИЁМ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2018

ляцию "Радио России" с программами ГТРК "Тверь" в диапазоне УКВ CCIR 87,5...108 МГц в большинстве районов области. Трансляция на прежних частотах диапазона УКВ OIRT (65,9...74 МГц) прекращена.

Сигналы главной государственной радиостанции страны с местными новостями и радиопрограммами ГТРК "Тверь" доступны жителям:

— г. Белый и его окрестности — на частоте 107,1 МГц;

— г. Бологое — на частоте 99,2 МГц;

— г. Весьегонск — на частоте 107,9 МГц;

— пгт Жарковский — на частоте 104,1 МГц;

— г. Западная Двина — на частоте 105,1 МГц;

— г. Кашин — на частоте 107,7 МГц;

— г. Кимры — на частоте 88,1 МГц;

— пгт Максатиха — на частоте 99,5 МГц;

— г. Нелидово — на частоте 102,5 МГц;

— с. Погорелое Городище — на частоте 107,1 МГц;

— г. Ржев — на частоте 99,5 МГц;

— г. Торопец — на частоте 104,0 МГц.

РТРС также начнёт трансляцию "Радио России" в населённых пунктах:

— Вышний Волочёк, частота вещания — 87,5 МГц;

— Красный Холм, частота вещания — 100,5 МГц;

— Оленино, частота вещания — 101,5 МГц;

— Рамешки, частота вещания — 103,5 МГц;

— Спирово, частота вещания — 101,7 МГц;

— Старица, частота вещания — 103,1 МГц.

Трансляция "Радио России" в трёх населённых пунктах: пгт Селижарово на частоте 88,2 МГц, г. Конаково — на частоте 105,1 МГц и г. Торжок — на частоте 104,6 МГц начнётся после завершения оформления разрешительной документации.

Перевод радиостанции "Радио России" на другие частоты производится в соответствии с программой вещателя ВГТРК (источник — URL: **http://tver.rtrs.ru/tv/digital/rtrs-perevel-v-fm-diapazon-translyatsiyu-radio-rossii-v-tverskoy-oblasti/** (24.04.18)).

УДМУРТИЯ. Радиостанция "Звезда" появилась в начале апреля в столице Удмуртии г. Ижевске на частоте 98,5 МГц. Теперь здесь можно услышать познавательные программы, многие из которых стали лауреатами различных конкурсов средств массовой информации. Среди таких программ "Исторические заметки", "Сто событий, которые изменили Россию", "Теперь буду знать", "Моя Россия. Радиопутешествие", "История награды" и многие другие. Вечером и ночью в эфире радио "Звезда" — чтение книг по истории, о путешествиях, а также русская и мировая классика.

Радиостанция "Звезда" существует с 2005 г. Она принадлежит Центральной телерадиостудии Министерства обороны. Её вещание охватывает практически всю территорию России (источник — URL: **https://tvzvezda.ru/news/vstrane_i_mire/content/20180419180356rn.htm** (24.04.18)).

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ. 1 апреля в областном центре замолчала радиостанция "Серебряный дождь". Вместо программ и музыки на частоте 101,1 МГц — тишина. Основанием послужило расторжение договора между местным вещателем и сетевым партнёром, расторжение договора подписано обеими сторонами.

О том, кто будет вещать в дальнейшем на этой частоте, на момент подготовки материала к печати неизвестно (источник — URL: **http://echo76.ru/news/18/04/0208.html**).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АВСТРИЯ. Трансляции "ТрансМирового радио" (TWR) в направлении Кавказа и Средней Азии ведутся на русском языке, частота вещания — 864 кГц (передатчик расположен в Gavar (Армения), его мощность — 1000 кВт), время вещания — с 16.40 до 17.10 с понедельника по пятницу.

Трансляции для стран Центральной Азии (TWR CA) на русском языке на частоте 1467 кГц (мощность передатчика — 500 кВт, его расположение — пос. Красная Речка, Киргизия) в эфире с 17.30 до 18.00 ежедневно.

Вещание на частоте 999 кГц с использованием 500-киловаттного передатчика (пос. Маяк, Приднестровье) ведётся ежедневно с 18.00 до 19.30 на русском, белорусском и украинском языках в направлении европейской части России, стран Прибалтики, Украины и Беларуси.

На частоте 1350 кГц в направлении Ближнего Востока на русском языке по пятницам транслируется программа "Учитель праведности". Время её звучания — с 18 ч 46 мин до 19 ч 16 мин.

Все вышеперечисленные программы — религиозного содержания.

ВАТИКАН. "Радио Ватикана" в наступившем вещательном сезоне сократило время ежедневных коротковолновых трансляций на русском языке, т. е. программы звучат в эфире не 29 мин, как ранее, а на 10 мин меньше:

— с 12.30 до 12.49 — на частотах 11875 и 9890 кГц;

— с 16.20 до 16.39 — на частотах 11700 и 15370 кГц.

Святая Месса латинского обряда на русском языке из часовни Благовещения в Ватикане транслируется во второе и четвёртое воскресенья каждого месяца с 08.30 до 09.50 на частотах 17590 и 15595 кГц (источник — URL: **http://ru.radiovaticana.va/news/2018/03/23/изменения_в_расписании_вещания/1368236** (24.04.18)).

ПРИДНЕСТРОВЬЕ. В летнем вещательном сезоне продолжается круглосуточная трансляция программ российской радиостанции "Вести FM" на средневолновой частоте 1413 кГц с использованием радиопередатчика в Приднестровье мощностью 500 кВт.

ПОЛЬША. "Радио Польша" в летнем сезоне транслирует получасовые программы на русском языке с использованием передатчика частной вещательной организации "Radio Baltic Waves International" (RBWI), находящегося в Литве. Частота вещания — 1386 кГц, мощность передатчика — 75 кВт, в эфире — две получасовые передачи на русском языке с 16.30 до 17.30.

ТАДЖИКИСТАН. Программы на русском языке (иновещание) транслируются радиостанцией "Голос таджика" ("Ovozi Tojik") ежедневно с 08.00 до 10.00 на частоте 7245 кГц. Помимо русского, на этой же частоте ведутся трансляции на арабском, английском, таджикском, фарси, дари, узбекском и хинди языках.

Внутреннее вещание на русском языке ведётся радиостанцией "Таджикское радио 1" ("Tojik Radio 1") ежедневно с 03.00 до 03.30 и с 09.00 до 09.30 на частоте 4765 кГц. Всё остальное время трансляции идут на таджикском языке, а с 09.30 до 10.00 — на узбекском. Мощность передатчиков на указанных частотах — 100 кВт, диаграмма направленности — круговая.

США. "Всемирное радио адвентистов" (Adventist World Radio, AWR) с программами на русском языке (они называются "Голос Надежды") в эфире ежедневно с 11.00 до 11.30 на частоте 12090 кГц и с 20.00 до 20.30 — на частоте 7375 кГц. Используется 100-киловаттный передатчик, трансляции ведутся с острова Гуам, самого крупного из группы Марианских островов в Тихом океане (источник — URL: **http://awr.org/wp-content/uploads/2018/03/AWR-Public-Broadcast-Schedule-A18.pdf** (24.04.18)).

Радиостанция World Harvest Radio International (WHRI) с религиозными программами "Час твоего рассказа" на русском языке в летнем сезоне — по воскресеньям с 03.30 до 04.00 на частоте 7385 кГц (источник — URL: **http://lesea.com/whr/whr-iframe-page/?search=Angel2** (24.04.18)).

ЯПОНИЯ. Международный японский вещатель NHK World Japan в эфире на русском языке в летнем сезоне:

— с 03.30 до 04.00 — на частоте 1386 кГц для Европы и 738 кГц для Москвы и Подмосковья;

— с 04.30 до 05.00 — на частоте 6165 кГц для Европы;

— с 05.30 до 06.00 — на частоте 11790 кГц для Дальнего Востока;

— с 11.00 до 11.30 — на частоте 7355 кГц для Дальнего Востока;

— с 11.30 до 12.00 — на частоте 9760 кГц в режиме DRM для Европы (по пятницам);

— с 16.00 до 16.30 — на частоте 927 кГц для Средней Азии и 738 кГц для Москвы и Подмосковья;

— с 7.30 до 18.00 — на частоте 1386 кГц для Европы.

(источник — URL: **https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/resources/brochure/pdf/rj_frequency.pdf** (24.04.18)).

Хорошего приёма и 73!

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



Терменвокс "Paradox"

И. МАМОНТОВ, г. Электросталь Московской обл.

В этом терменвоксе используется классический (гетеродинный) принцип звукообразования. Но в инструменте только два высокочастотных генератора, а канал громкости работает на частоте, кратной частоте канала высоты тона. Это позволило упростить схему и избавиться от посторонних призвуков. Трудоёмкость изготовления катушек снижена за счёт уменьшения числа витков при переходе на более высокую рабочую частоту.

Название "Paradox" этот терменвокс получил в связи с использованием нетрадиционных технических решений, которые в силу разных причин считались нежизнеспособными. Кроме того, в этой конструкции в качестве управляемого УМЗЧ применена телевизионная микросхема AN5265 вместо популярных микросхем LM13600 или LM13700, используемых в терменвоксе "Etherwave" [1] и его клонах. Это позволило не только отказаться от внешнего УМЗЧ и отдельного усилителя для головных телефонов, но и обойтись однополярным питанием +12 В.

Теперь о принципах, не прижившихся в терменвоксостроении. Сразу подчеркну, что сказанное относится к аналоговым терменвоксам с классическим принципом звукообразования — гетеродинированием в канале высоты тона и возбуждением резонансного контура в канале громкости, начало которым положил и впоследствии им следовал Л. С. Термен.

1. Использование частоты выше 1 МГц.

Генераторы почти всех терменвоксов работают на частоте не более нескольких сотен килогерц. Казалось бы [2], применение более высокой частоты способствует повышению чувствительности инструмента к перемещению руки исполнителя. Вдобавок, на такой частоте требуются катушки меньшей индуктивности и, следовательно, с меньшим числом витков, что снижает их стоимость, расширяет возможность выбора готовых изделий, а при ручном изготовлении снижает его трудоёмкость.

Но на практике высокочастотные терменвоксы получаются менее стабильными, с большим дрейфом "виртуального грифа", а их музыкальная шкала менее линейна.

2. Общий образцовый генератор для каналов высоты тона и громкости.

Это не только упрощает схему терменвокса, но и снижает риск появления посторонних призвуков. Призвуки образуются в результате проникновения сигнала генератора канала громкости в основной канал, что и приводит к появлению новых комбинационных частот. Основной путь проникновения — связь между антеннами, устранить которую не удаётся.

Применение общего генератора было даже запатентовано [3], но автор изобретения не учёл, что антенны, работая на одной частоте, становятся чувствительными к положению "противоположной" руки. А это приводит к непредсказуемым эффектам изменения высоты тона и громкости, что очень мешает исполнению музыкального произведения. Не случайно в терменвоксах разносят частоты каналов тона и громкости. Это вынужденная мера, призванная заставить каждую антенну реагировать только на "свою" руку.

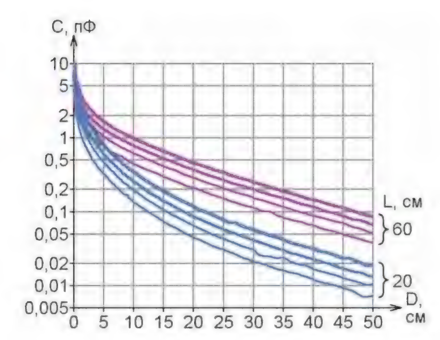


Рис. 1

К сожалению, с единым образцовым генератором общая настройка инструмента усложняется, особенно, если терменвокс имеет так называемую "линеаризующую катушку".

3. "Нижнее" по частоте расположение канала громкости.

Считается, что выбор частоты канала громкости ниже частоты канала тона увеличивает вероятность взаимодействия её гармоник с сигналом в канале тона, что приводит к нежелательным комбинационным частотам на выходе инструмента. Кроме того, "нижнее" положение означает необходимость в многовитковой (следовательно, более дорогой) катушке. Поэтому канал громкости принято делать более высокочастотным.

Но и в этом случае может проявиться нежелательный эффект. Хотя прикосновение рукой к антенне тона — редкость (в этом просто нет необходимости), прикосновение к антенне громкости — обычное явление. Чтобы держать паузу, нужно максимально приблизить руку к этой антенне, для чего исполнитель фактически кладёт на неё кисть. К тому же в этом положении его рука отдыхает. Но прикосновение настолько увеличивает ёмкость антенны, что резонансная цепь может оказаться настроенной на частоту канала тона, и на контур канала громкости наведётся ощутимое напряжение. Детектор этого канала, не делая различий между источниками сигнала, приоткроет УМЗЧ, и на выход инструмента поступит звуковой сигнал.

Сделав частоту канала громкости ниже, можно исключить это явление, использование же высокой частоты решает проблему многовитковости. Как же совместить положительные качества обоих вариантов? Рамки статьи не позволяют дать подробный анализ, поэтому приведу лишь ключевые моменты.

Очень важно знать характер зависимости наведённой ёмкости от расстояния между рукой и антенной. Но этот вопрос до сих пор теоретически не проработан, поэтому для исследования зависимости я сделал роботизированный комплекс на базе упрощённой модели руки, двигающейся по дуге. Результаты экспериментов показаны на **рис. 1**. Исследования проводились с антеннами длиной 20 см (синие линии) и 60 см (красные линии), причём диаметр их проводников в обоих случаях был 20, 12, 7 и 3 мм (сверху вниз в каждой группе графиков). Масштаб по оси наведённой ёмкости C — логарифмический.

Результаты получились интересными. При удалении руки от антенны все графики, независимо от длины и диаметра антенны, а также от формы "кисти руки", становятся прямыми линиями, имеющими одинаковый наклон. Меняются только смещение графиков по вертикальной оси и характер зоны перегиба.

Можно показать, что линейная зависимость логарифма ёмкости от расстояния до "руки" означает линейную зависимость от него же высоты тона при условии, что точка нулевых биений находится на бесконечно большом удалении от антенны. Сама природа постаралась создать "идеальную" шкалу, но ценой расположения басовых нот на значительном удалении от антенны. Музыкантам же необходимо иметь все ноты в пределах доступности, не сходя с места. Поэтому нулевые биения обычно устанавливают при руке, отведённой приблизительно на 50 см от антенны. Это приводит к нелинейности характеристики "расстояние—нота" в басовой области, где образуется "сгущение" нот.

На **рис. 2** чёрной кривой показан результат моделирования терменвокса Л. С. Королёва [4]. Были использованы следующие параметры: диаметр антенны — 7 мм; длина антенны — 50 см; статическая ёмкость антенны — около 5,8 пФ; индуктивность катушки контура — 115 мГн; дополнительная ёмкость (монтажа и т. п.) — 16 пФ. Это дало частоту перестраиваемого генератора около 100 кГц. Отстройкой генератора фиксированной частоты точка нулевых биений

установлена на расстоянии 50 см от антенны. Эффект синхронизации генераторов при сближении генерируемых ими частот не учтён.

Вертикальная ось размечена через каждую октаву согласно стандартной нотации MIDI. Горизонтальные линии соответствуют нотам "до" каждой октавы. Линии C0 соответствует частота 16,35 Гц. Нота "ля" первой октавы (A4), имеющая частоту 440 Гц, находится между линиями C4 и C5. Для наглядности на графике принято направление оси расстояния до руки D справа налево, поскольку именно в этом направлении рука удаляется от антенны согласно технике "горизонтальная дуга" при игре на "праворуком" терменвоксе.

Кривая имеет два перегиба. Нижний соответствует приближению руки к точке нулевых биений. Верхний можно объяснить значительным увеличением ёмкости при приближении руки к антенне. Нижний перегиб можно устранить, если бесконечно удалить точку нулевых биений. Верхний перегиб можно только уменьшить, применяя антенны значительной длины или дающие больший эффект линеаризующие катушки.

Средняя часть графика — область комфортной игры. В связи с широким распространением техники "пальцевых жестов" понятие "равномерный гриф" теперь требует, чтобы одинаковые движения пальцев приводили к одинаковым изменениям тона независимо от того, на каком расстоянии находится рука. Не факт, что именно этому на рис. 2 соответствовала бы прямая линия с наклоном "октава на каждые 8 см длины". Но поскольку вопрос ещё мало изучен, я пока буду придерживаться этого критерия.

Что же произойдёт, если попытаться уменьшить число витков катушки генератора, т. е. увеличить его частоту? Ответ простой: график сместится вверх (красная кривая, соответствующая уменьшению индуктивности до 0,5 мГн). Средняя часть графика теперь соответствует очень высоким звукам, а наиболее употребительные ноты (от C2 до C6) попадают на изгиб характеристики. Другими словами, зона комфортной игры перестаёт соответствовать частотному диапазону (тесситуре) большинства музыкальных произведений.

Не мудрствуя лукаво, конструкторы увеличивают ёмкость контурного конденсатора. Этот случай представлен голубой кривой, соответствующей ёмкости, увеличенной до 130 пФ. Кривая возвратилась на прежнее место, требуется катушка с меньшим числом витков, но ухудшилась стабильность частоты биений. Конечно, относительная температурная стабильность частоты генератора не изменилась, поскольку температурные зависимости характеристик его элементов остались прежними. Однако частота стала в шесть раз выше — 600 кГц вместо исходных 100 кГц. Это даёт в шесть раз больший абсолютный уход частоты. Но ведь именно абсолютная разность частот двух генераторов даёт разностную (звуковую) частоту. К слову сказать, для красной кривой температурная стабильность ещё хуже (в 15 раз по сравнению с исходной), ведь частота генератора выросла со 100 до 1500 кГц.

Чтобы исправить ситуацию, я предлагаю использовать другой способ понижения частоты — с помощью её делителя (зелёная кривая). Здесь возможны два варианта: сначала поделить частоту сигналов каждого генератора и затем подать их на смеситель либо сначала получить сигнал разностной частоты, а потом поделить его частоту. В первом случае потребуются два делителя, во втором необходим преобразователь синусоидального сигнала в прямоугольные импульсы и дополнительные меры по уменьшению "дрожания" их перепадов. Оба варианта при уменьшении числа витков в катушках сохраняют стабильность инструмента неизменной.

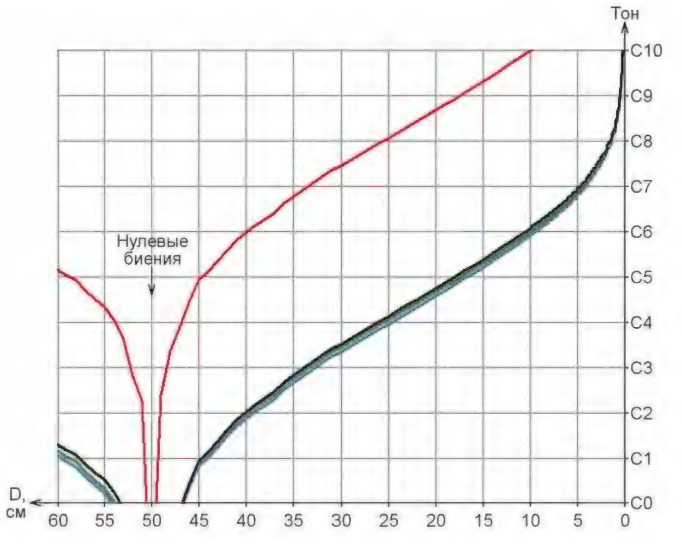


Рис. 2

Поскольку делители частоты играют роль буферных элементов, первый вариант помогает естественным образом уменьшить паразитную связь между генераторами и этим избежать нежелательных явлений затягивания частоты и синхронизации. Кроме того, двоичные счётчики-делители, имеющие выходы промежуточных ступеней деления, позволяют простым способом разнести частоты каналов тона и громкости. Например, один из промежуточных выходов можно использовать для возбуждения колебательного контура канала громкости.

Именно так и построен терменвокс "Paradox", схема которого показана на **рис. 3**. Генераторы (образцовый и перестраиваемый) выполнены соответственно на транзисторах VT1 и VT2. Они работают на частоте около 1,6 МГц. В их основе лежит так называемая схема Клаппа, отличительная особенность которой — наличие конденсатора C3 (C4) сравнительно малой ёмкости. Это даёт несколько важных преимуществ. Во-первых, ослаблением связи колебательного контура с транзистором достигается более высокая стабильность частоты генератора. Во-вторых, повышается напряжение на антенне WA1, что снижает восприимчивость генератора к неблагоприятной электромагнитной обстановке за счёт повышения соотношения сигнал/помеха.

И третье, самое важное преимущество — ёмкость колебательного контура состоит в основном из ёмкости антенны. В рассматриваемом случае к ней добавляется лишь небольшая ёмкость последовательно соединённых конденсаторов C4, C7 и C8 (что в сумме меньше 10 пФ), необходимых для генерации. Конденсатор переменной ёмкости C2 служит для оперативной установки положения точки нулевых биений в зависимости от конкретной обстановки.

Генератор по такой схеме был предложен Эриком Волленом (Eric David Wallin), энтузиастом-разработчиком цифровых узлов для терменвокса, включая многоядерный процессор HIVE, специально предназначенный для использования в качестве чувствительного элемента. У генератора малый потребляемый ток, что обеспечивает незначительный самопрогрев и, следовательно, небольшой температурный уход частоты. Напряжения на выходе генератора достаточно для непосредственной подачи его на вход микросхемы структуры КМОП.

При желании можно поэкспериментировать и с другими генераторами. Например, собранные по схемам Л. Д. Королёва [4, 5] генераторы также удовлетворяют условию минимума ёмкости, вносимой в контур, но построены на полевых транзисторах, у которых больше разброс параметров и склонность к повреждению статическим электричеством. Цепи R1C10 и R10C11 дополнительно развязывают генераторы по питанию.

Канал высоты тона состоит из счётчиков-делителей DD1.1 и DD1.2, сумматора их выходных сигналов на резисторах R11—R18, ФНЧ C16L3C18, смесителя на диоде VD1 и регулятора громкости — переменного резистора R24.

Счётчики понижают частоту в два, четыре, восемь или 16 раз (максимум до 100 кГц). Регистр инструмента можно изменять выключателями SA1—SA4 от сопрано до баса. Независимая фиксация этих выключателей позволяет использовать комбинации их состояния, что расширяет тембровые возможности. Нечто аналогичное, но с использованием перестраиваемого полосового фильтра (или банка фильтров), применялось в некоторых ламповых терменвоксах и в терменвоксах Л. Д. Королёва [6, 7].

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

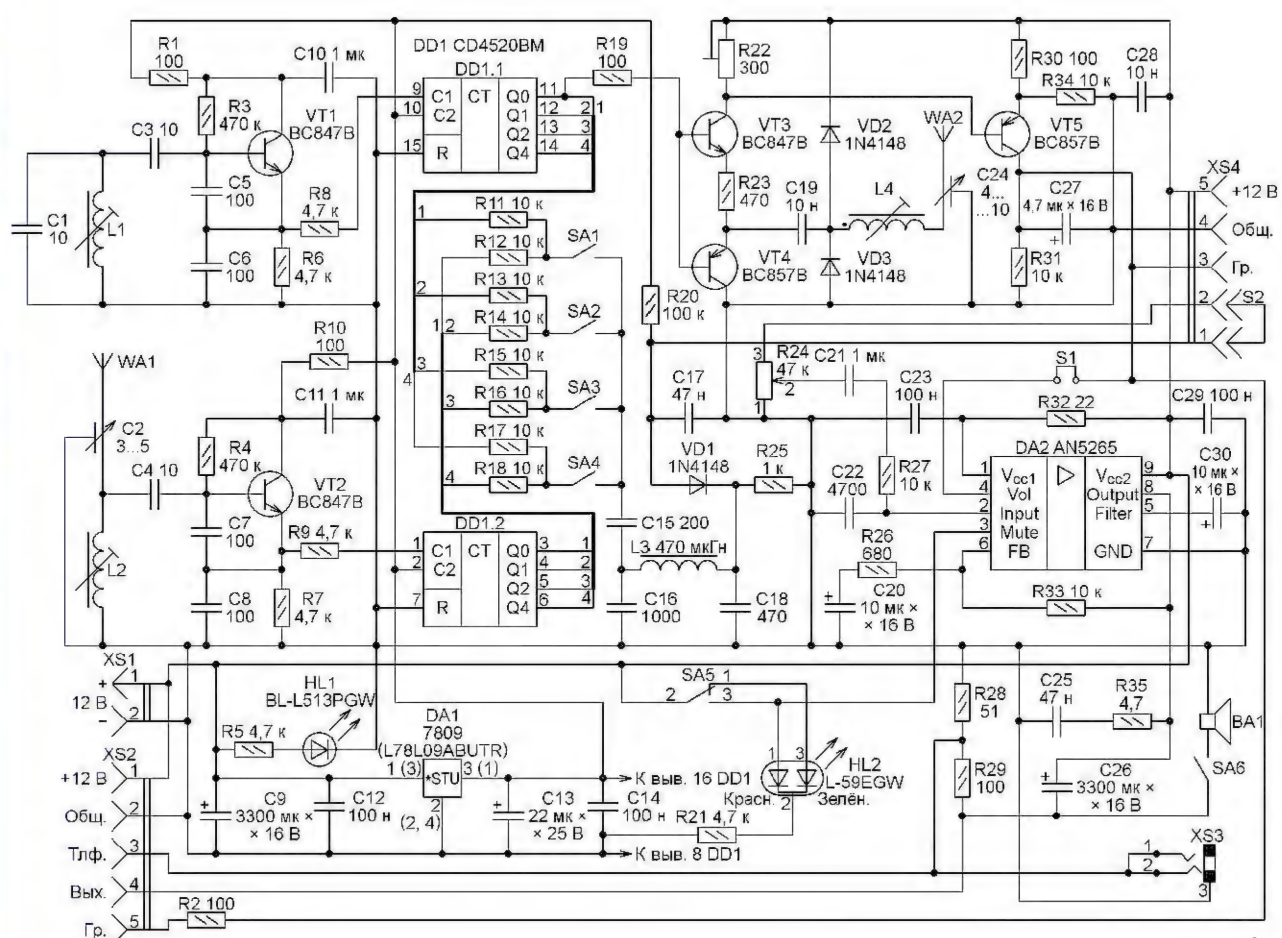


Рис. 3

О ФНЧ с частотой среза несколько сотен килогерц (элементы C16, L3, C18) следует сказать особо. Он, по существу, определяет качество звучания инструмента. Его задача — отсечь все высшие гармоники сигналов перед их подачей на нелинейный элемент — диод VD1. В рассматриваемом случае это особенно важно, ведь прямоугольные импульсы на выходах счётчиков имеют далеко простирающийся спектр. Гармоники их основной частоты с одинаковыми номерами, взятые попарно, дают разностные частоты, находящиеся в строгом гармоническом соотношении с основным разностным тоном и просто обогащающие его спектр. Но с увеличением номеров сближаются на оси частот и дают биения с частотой, лежащей в слышимом диапазоне, гармоники частот двух генераторов, имеющие неодинаковые номера. И здесь гармонического соответствия уже нет. Результат этого — "пластмассовое" звучание и появление посторонних призвуков. Особенно этим грешат так называемые "цифровые" терменвоксы, смесителями в которых служат логические элементы "И", "ИЛИ", "Исключающее ИЛИ". Отфильтровать негармонические призвуки после такого смесителя принципиально невозможно.

Однако даже подавленные фильтром высшие гармоники всё равно восстанавливаются на нелинейности вольт-амперной характеристики диода VD1, но их уровень получается несоизмеримо ниже, чем в исходных импульсных сигналах. Идеальным был бы прецизионный аналоговый перемножитель при строго синусоидальных сигналах на входах. Перемножителем может служить и полупроводниковый диод, работающий на квадратичном участке своей вольт-амперной характеристики, но он не идеален. В таком режиме работает диод VD1, который выводят в оптимальную рабочую точку с помощью резистора R20.

Выбор ФНЧ с фиксированной частотой среза около 300 кГц — компромисс, связанный со стремлением упростить конструкцию. При частоте повторения прямоугольных импульсов 100 кГц он пропускает только её первую и третью гармоники (при скважности импульсов 2 вторая гармоника в спектре отсутствует). Если частота импульсов 200, 400 и 800 кГц, через фильтр проходит только первая гармоника (в двух последних случаях — с ослаблением). При желании частоту среза ФНЧ можно выбрать другой или сделать переключаемой.

На **рис. 4**,а показана осциллограмма сигнала на выходе высокочастотного генератора (резисторе R6 или R7). Масштаб по вертикали — 5 В/дел. Скорость развёртки — 1 мкс/дел. Осциллограммы звуковых сигналов на выходе смесителя при замкнутых по отдельности выключателях SA4, SA3 или SA2 показаны соответственно на рис. 4,б—рис. 4,г. Здесь масштаб по вертикальной оси — 200 мВ/дел. Скорость развёртки — 2,5 мс/дел. Когда замкнут лишь выключатель SA1, амплитуда сигнала ещё меньше, чем на рис. 4,г. Такой сигнал пригоден лишь для добавления слабого призвука. Комбинации положений выключателей дают сигналы более сложной формы.

Со смесителя звуковой сигнал поступает на регулятор громкости — переменный резистор R24, а после него на управляемый УМЗЧ DA2. Цепь R27C22 ослабляет высокочастотные составляющие входного сигнала. В разрыве сигнальной цепи стоит разъём XS4, служащий для подключения дополнительных модулей формирования тембра. При их отсутствии контакты 1 и 2 этого разъёма нужно соединить перемычкой S2.

Канал громкости начинается с буферной ступени, выполненной на комплементарных транзисторах VT3 и VT4, образующих двухтактный эмиттерный повторитель. Он возбуждает резонансную цепь из катушки индуктивности L4 и ёмкости антенны WA2, образующих последовательный колебательный контур.

Сигнал возбуждения приходит с вывода 11 счётчика DD1.1. Его частота — 800 кГц (вдвое меньше частоты образцового генератора). На эту частоту и должен быть настроен контур при отведённой руке. Конденсатор C24 предназначен для оперативной настройки антенны под конкретное окружение. Диоды VD2 и VD3 защищают транзисто-

ры от разрядов статического электричества, которые могут возникнуть при касании антенны рукой. Появлению электрического потенциала на теле человека способствуют низкая влажность воздуха, синтетическая одежда и постоянное движение.

При резонансе ток в контуре возрастает, и на катушке L4 возникает значительное напряжение. В классических терменвоксах напряжение снимают с части её витков или с дополнительной обмотки связи — это уменьшает нагрузку на контур и повышает его добротность. Но конструкция катушки при этом усложняется.

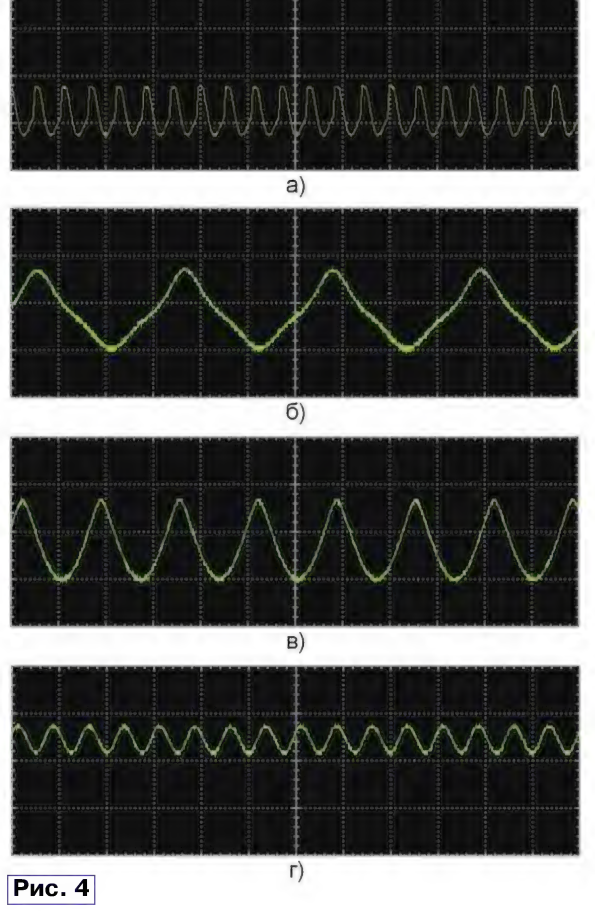


Рис. 4

Я попробовал обойтись простой катушкой. Для этого в цепь питания буферного каскада добавил низкоомный резистор R22, через который протекает ток "накачки" колебательного контура. Он носит импульсный характер, а его амплитуда тем больше, чем ближе резонансная частота контура к частоте импульсов. Использование двухтактного эмиттерного повторителя позволило увеличить кратность изменения тока "накачки".

Детектор импульсов собран на транзисторе VT5. Импульсы его коллекторного тока, пропорциональные импульсам напряжения на резисторе R22, заряжают конденсатор C27 до некоторого напряжения. Это напряжение изменяется от 12 В (при настроенном в резонанс контуре) до 0 В (при приближённой к антенне WA2 руке). Соотношение сопротивлений резисторов R30 и R31 задаёт коэффициент преобразования, а резистор R34 создаёт небольшое закрывающее напряжение на эмиттере транзистора VT5, которое гарантирует ноль на выходе при малой амплитуде импульсов на резисторе R22.

Из-за непредсказуемой добротности контура номиналы элементов трудно поддаются расчёту и оптимизации. Компьютерное моделирование даёт лишь общее представление о том, в каком направлении двигаться. Поэтому в эмиттерный повторитель добавлен резистор R23, ограничивающий ток "накачки" контура и немного стабилизирующий (уменьшающий) его добротность, а резистор R22 сделан подстроечным.

Микросхему УМЗЧ AN5265 (DA2) можно было встретить в некоторых телевизорах с электронно-лучевой трубкой. Применение этой микросхемы позволяет:

— умощнить выход инструмента и подключать к нему не только головные телефоны, но и динамическую головку;

— получить широкие пределы регулирования громкости (микросхема специально предназначена для этого и имеет логарифмическую характеристику регулирования);

— в отличие от такой популярной микросхемы, как LM13600, ей требуется однополярное питание.

Использована типовая схема включения микросхемы AN5265. Соединяя переключателем SA5 её вывод 3 (Mute) с цепью питания +12 В, можно заглушить звуковой тракт.

Я не нашёл в Интернете характеристики регулирования этой микросхемы. По имеющимся справочным данным можно сделать вывод, что на вход Mute можно подавать напряжение от 0 до 12 В, а максимальный коэффициент усиления — до 30 дБ. Пришлось снять характеристику регулирования экспериментально. Она показана на **рис. 5**. Видно, что область регулирования простирается от 1 до 12 В, имея в самом начале (от 1 до 2 В) более крутой участок. По субъективным ощущениям, управление громкостью инструмента получается достаточно комфортным.

Обнаружилась одна неприятная особенность этой микросхемы. При подаче на выводы 1 и 9 напряжения питания от одного и того же источника усиливаемый сигнал искажается, а микросхема сильно нагревается даже без нагрузки. Исследование выявило самовозбуждение микросхемы в такт с усиливаемым сигналом, которое полностью не пропадает даже при отсутствии сигнала на входе. Помогла развязывающая цепь R32C23 (на схеме указаны минимальные номиналы её элементов). Выявлена также большая чувствительность вывода 1 к помехам, поэтому подключение к нему дополнительных потребителей крайне нежелательно.

Микросхема AN5265 довольно широкополосна, поэтому высокочастотные составляющие входного сигнала не только просачиваются на её выход, но и

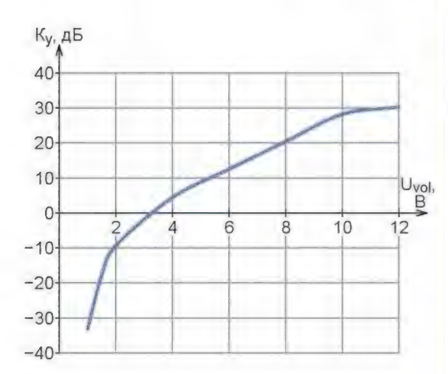


Рис. 5

приводят к избыточному нагреву микросхемы. В связи с этим потребовался дополнительный фильтр входного сигнала R27C22.

При работе на головные телефоны температура корпуса микросхемы AN5265 не превышала 45 °С. В этом случае теплоотвод ей не нужен. Если предполагается работать на динамическую головку, потребуется теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности не менее 20 см^2.

Встроенную динамическую головку BA1 (4 Вт, 8 Ом) можно включить или выключить выключателем SA6. Вместо неё можно подключить внешний громкоговоритель, располагать который лучше на расстоянии 1...2 м сзади исполнителя, на уровне его головы. С этого направления обеспечивается наилучшая чувствительность уха, ведь в силу специфики инструмента исполнитель должен начинать слышать себя раньше, чем публика.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамонтов И.** Терменвокс "Etherway". — Радио, 2016, № 11, с. 37—40.

2. **Nachbaur F.** On Theremin Sensitivity. — URL: **http://www.dogstar.dantimax.dk/theremin/thersens.htm** (06.04.2018).

3. **Бондаренко Е. В.** Электромузыкальный инструмент типа "Терменвокс". — Авторское свидетельство СССР №349010, опубликовано 23.08.1972 г., бюллетень № 35.

4. **Королёв Л.** Современный терменвокс. — Радио, 1985, № 2, с. 43—46.

5. **Королёв Л.** Терменвокс. — Радио, 2005, № 8, с. 48—51; № 9, с. 48—51.

6. **Moog R.** The Theremin. — Radio & Television News, January 1954, p. 37—39.

7. **Королёв Л.** И снова терменвокс. — Радио, 1972, № 9, с. 17—19.

(Окончание следует)

Об эквивалентной схеме электромагнитного звукоснимателя для электрогитары

П. СЕНЮТКИН, г. Глазов, Удмуртия

При расчёте корректирующих цепей для магнитного звукоснимателя электрогитары необходимо знать все параметры его эквивалентной схемы. Автор приводит практический пример определения этих параметров для одной из промышленных моделей.

Несмотря на обилие продаваемых звукоснимателей (ЗС) для электрогитар, многие энтузиасты продолжают изготавливать их самостоятельно. Кроме любопытства, к этому подталкивают невероятно высокие для таких изделий цены. Конечно, есть бюджетные варианты, в пределах 300—500 руб., но, как правило, изготовители не дают для них всех характеристик. Возможно, дешёвые ЗС окажутся не хуже самодельных и позволят сэкономить массу времени и усилий. В любом случае полезно знать их электрические характеристики. В предлагаемой статье в качестве примера описано измерение характеристик дешёвого ЗС китайской фирмы Belcat Co., Ltd. и уточнение его эквивалентной схемы. Это звукосниматель сингл BS-01-N-BK стоимостью 300 руб.

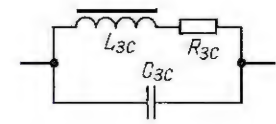


Рис. 1

Типовая эквивалентная схема ЗС, приводимая на различных сайтах для гитаристов, представляет собой катушку индуктивности с собственной ёмкостью и активным сопротивлением [1, 2]. Схема показана на **рис. 1**.

Данные от изготовителя скупы: $R_{ЗС}$ = = 5,5 кОм, $L_{ЗС}$ = 2,8 Гн, что явно недостаточно для анализа его работы. Подробные данные о своих ЗС приводит немецкая фирма Schaller-electronic. На сайте этой фирмы [3] представлены не только характеристики ряда ЗС, но и различные схемы их включения. Кроме того, там указан простой способ определения полярности ЗС, необходимой при изготовлении хамбакера из двух синглов*.

При проведении измерений использовались мультиметр VC6243+ для измерения индуктивности и ёмкости, вольтомметр для измерения сопротивления и напряжения, а также виртуальный генератор [4] на основе звуковой платы компьютера.

Напряжение сигнала от виртуального генератора с выхода звуковой карты без нагрузки U_{xx} = 1,24 В. Если выход ЗК нагружается резистором $R_н$ сопротивлением 100 Ом, то напряжение $U_н$ в полосе 40...10000 Гц снижается до 0,65...0,81 В. По нескольким точкам в этом интервале частот было определено значение внутреннего сопротивления генератора $R_г$ по выражению

$R_г = R_н (U_{xx}/U_н - 1)$. (1)

Значение $R_г$, оценённое в указанной полосе частот, оказалось изменяющимся в интервале 82...96 Ом (выше на 40 Гц).

Эквивалентная схема виртуального генератора представлена на **рис. 2**.

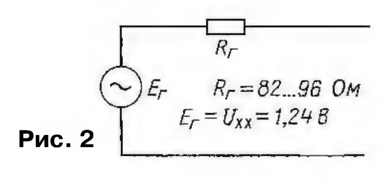


Рис. 2

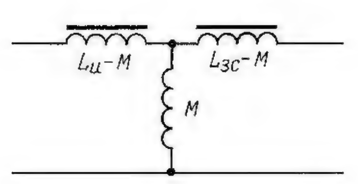


Рис. 3

Формирование сигнала ЗС условно можно разделить на две составляющие.

Первая — генерация переменного магнитного поля колеблющейся струной. Изменения магнитного поля в магнитопроводе будут зависеть от формы и размеров магнитной системы звукоснимателя. В этой стадии катушка ЗС не имеет значения.

Вторая — генерация ЭДС катушкой ЗС. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) ЗС определяется свойствами катушки, а магнитная система здесь практически не имеет значения.

Конечно, такая важная характеристика, как чувствительность ЗС, выражаемая развиваемым напряжением, является суммарной характеристикой этих процессов. При производстве гитар в СССР напряжение, развиваемое ЗС, нормировалось стандартом [5]. Напряжение от ЗС определяли на готовой гитаре как среднее значение по 15—20 щипкам каждой струны при среднем положении регулятора тембра и максимальной громкости на гитаре; оно должно было быть не менее 15 мВ на нагрузке сопротивлением 47 кОм.

АЧХ ЗС в режиме генерации ЭДС можно измерить, например, с помощью дополнительной измерительной катушки [2]. В качестве измерительной катушки автор использовал имеющуюся у него катушку с ферритовым стержнем. Диаметр провода и число витков неизвестны. Габариты катушки со стержнем: высота — 42 мм, диаметр — 23 мм. Измеренные характеристики: $L_и$ = 40 мГн, $R_и$ = 14,8 Ом. Катушка установлена на расстоянии примерно 10 мм над центром ЗС.

Индуктивность измерительной катушки не должна превышать 3...5 % от индуктивности ЗС, чтобы не искажать его АЧХ и не должна быть слишком маленькой, чтобы напряжение на ней, делимое с внутренним сопротивлением генератора, особенно на низких частотах (40...1000 Гц), было ещё достаточным для измерения.

Обмотка измерительной катушки и обмотка ЗС образуют воздушный трансформатор со слабой связью. Т-образная эквивалентная схема такого трансформатора представлена на **рис. 3** [6].

Катушка ЗС на этой схеме показана для простоты без собственного активного сопротивления и паразитной межвитковой ёмкости. При проведении измерений измерительная катушка подключена к выходу генератора, а ЗС нагружен на входное сопротивление вольтомметра ($R_{вх}$ = 10 МОм) при входной ёмкости $C_{вх}$ = 23 пФ. Полная схема измерений приведена на **рис. 4**.

Измеренные характеристики ЗС составили: LЗС = 3,4 Гн, RЗС = 5,4 кОм. Величина взаимоиндукции M была определена экспериментально. Из рис. 4 видно, что напряжение $U_{вых}$ на выходе ЗС на частоте 1 кГц будет примерно равно напряжению на индуктивности M. Входное напряжение $U_{вх}$ на измерительной катушке делится между элементами ($L_и$ – M) и M в соотношении

$M/(L_и - M + M) = M/L_и = U_{вых}/U_{вх} = M/40 =$ $= 0,775 \approx 0,78$.

Расчётное значение M оказалось равным 31 мГн. Таким образом, значения индуктивности ветвей эквивалентной схемы трансформатора составили:

$L_и - M$ = 40 мГн – 31 мГн = 9 мГн;

$L_{ЗС} - M$ = 3,4 Гн – 0,031 Гн ≈ 3,37 Гн.

Экспериментальный график зависимости коэффициента передачи K_U от частоты f для ЗС BS-01-N-BK (схема на рис. 4) или АЧХ ЗС в режиме приёма показан на **рис. 5** сплошной ломаной линией. В полосе частот 200...2000 Гц коэффициент передачи сохраняет значение K_U = 0,78. Значение M было определено для этой полосы частот. На частоте 6 кГц коэффициент передачи достигает максимального значения: $K_{U\,max}$ = 2,86. Эффективная полоса частотного резонанса Δf (на уровне –3 дБ) равна 1,7 кГц. Высота резонансного пика превышает постоянное значение 0,78 в 2,86/0,78 = 3,666 раза (11,3 дБ).

* Сингл и хамбакер — варианты конструкции магнитных ЗС, состоящих соответственно из одной или двух катушек с магнитопроводом. Применение двух катушек позволяет подавить магнитные наводки и обогатить звучание.

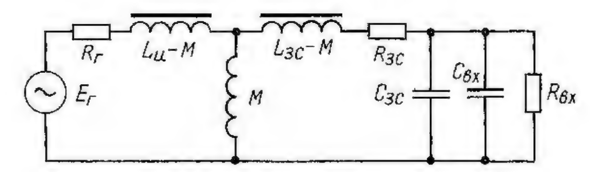


Рис. 4

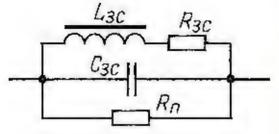


Рис. 6

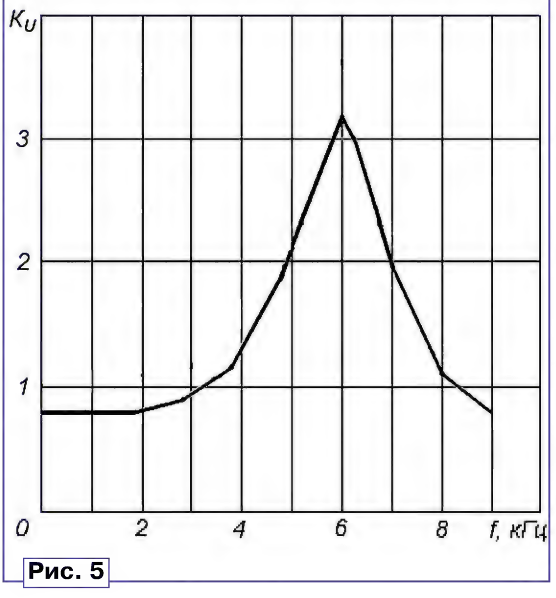


Рис. 5

Коэффициент передачи по напряжению для схемы, представленной на рис. 4,

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{\left[4\pi^2 f^2 LC - \left(1+\frac{R}{R_н}\right)\right]^2 + \left[(2\pi fRC) + \frac{2\pi fL}{R_н}\right]^2}}, \quad (2)$$

где $L = L_{ЗС} - M$; $C = C_{ЗС} + C_{вх}$; $R = R_{ЗС}$.

Резонансная частота, при которой значение K_U максимально,

$$f_р = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2} - \frac{1}{2R_н^2C^2}}. \quad (3)$$

После снятия АЧХ ЗС можно определить значение $C_{ЗС}$ по выражению (3). Для этого подставим в него значения:

$L = L_{ЗС} - M = 3{,}4 - 0{,}031 \approx 3{,}37$ Гн;

$R = 5{,}4$ кОм;

$R_н = R_{вх} = 10$ МОм.

По результатам расчётов получилось значение С = 205 пФ = $C_{ЗС} + C_{вх}$. Отсюда ёмкость $C_{ЗС}$ = 205 – 23 = 182 пФ. Для определения ёмкости ЗС не обязательно снимать частотную характеристику во всей полосе, достаточно лишь контролировать, где будет максимум выходного напряжения.

Полученное значение $K_{U\,max}$ оказалось подозрительно малым для омической нагрузки 10 МОм. Рассчитаем теоретически некоторые параметры АЧХ ЗС по выражению (2) для значений элементов:

$L = L_{ЗС} - M = 3{,}37$ Гн;

$C = C_{ЗС} + C_{вх} = 205$ пФ;

$R = R_{ЗС} = 5{,}4$ кОм;

$R_н = R_{вх} = 10$ МОм.

По результатам вычислений получено $f_р$ = 6 кГц, $K_{U\,max}$ = 16,2, Δf(–3) = 0,6 кГц. Значительное расхождение в $K_{U\,max}$ наводит на мысль, что в эквивалентной схеме параллельно $C_{ЗС}$ имеет место резистор вносимых потерь (потери в магнитопроводе). Его сопротивление $R_п$ было рассчитано и оказалось равным 550 кОм. Так как это сопротивление является результатом параллельного включения сопротивления потерь ЗС и входного сопротивления мультиметра, общее сопротивление потерь ЗС $R_п$ = 582 кОм. Теоретическая кривая для нагрузки ЗС при R = 550 кОм рассчитана по выражению (2).

По результатам расчёта $F_р$ = 6 кГц; $K_{U\,max}$ = 3,65 = = 11,2 дБ; Δf(–3) = 1,65 кГц.

Результаты хорошо совпали с экспериментальными данными; это говорит о том, что сопротивление потерь должно быть введено в эквивалентную схему ЗС.

Окончательная эквивалентная схема ЗС BS-01-N-BK представлена на **рис. 6**.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Меерсон А. М.** Радиоизмерительная техника. — Л.: Энергия, 1978.

2. **Лемме Г.** Секреты гитарных звукоснимателей. Пер. с нем. В. Корниенко. — URL: **http://guitar.ru/file/scheme/** (21.12.17).

3. Hдufig gestellte Fragen (FAQ). — URL: **https://www.schaller-electronic.com/hp762/Products.htm** (21.12.17).

4. **Хромых И. С.** Виртуальный генератор. Версия 4.0. — URL: **http://radioaktiv.ru/loads/softf/otherf/321-load_199.html** (21.12.17).

5. РСТ РСФСР 508-75, п. 3.11. Электрогитары. Общие технические требования, 1982.

6. **Татур Т. А.** Основы теории электрических цепей. — М.: Высшая школа, 1980.

***От редакции**. Более простой метод определения частоты собственного резонанса ЗС не требует индуктивного датчика, когда сигнал от генератора подают на ЗС через резистор сопротивлением, равным сопротивлению нагрузки или близким к нему, измеряя напряжение на ЗС вольтметром с высоким входным сопротивлением (10 МОм). Помимо резонансной частоты низкодобротного контура, на тембральные свойства ЗС влияет место установки ЗС, а это более связано с особенностями его конструкции и размерами. То же самое можно сказать и про ЭДС электромагнитного ЗС.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Импульсный БП для электронно-механического будильника

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Выпускавшиеся в прошлом веке отечественной промышленностью электронно-механические будильники с кварцевым генератором, такие как "Янтарь", "Слава", "Кварц", "Вега" и другие, в отличие от современных дешёвых, имеют более высокое качество часового механизма, точность хода и более продолжительный срок службы. Кроме того, у этих будильников тихий и плавный ход секундной стрелки, мелодичный звуковой сигнал, а у некоторых есть встроенный ограничитель времени работы звукового сигнала.

В наличии был будильник, выпускавшийся под торговой маркой "Вега". Он рассчитан на питание от одного гальванического элемента типоразмера R6 (AA, LR6) напряжением 1,5 В. Потребляемый будильником ток — около 280 мкА, во время работы звукового сигнализатора — 10 мА. При таком потреблении энергии одного гальванического элемента хватало на несколько месяцев. Поэтому было решено для такого будильника изготовить сетевой блок питания, желательно с резервным источником питания.

Использовать для питания электромеханических часов от сети 230 В бестрансформаторный источник питания нежелательно, поскольку нет гальванической развязки от сети, что таит в себе опасность поражения электрическим током и приводит к неоправданному (учитываемому некоторыми электросчётчиками), хотя и незначительному, бесполезному расходу электроэнергии. Размеры и масса БП с понижающим трансформатором уже сопоставимы с размерами будильника или могут быть даже больше его. Если для питания использовать импульсный БП, который может быть лёгким и компактным, можно не только получить безопасную в обращении конструкцию, но и сэкономить немного электроэнергии на питании будильника от сети 230 В.

В качестве такого БП было применено дешёвое зарядное устройство AMT Style MOT V3, изначально предназначенное для питания мобильных устройств напряжением 5 В постоянного тока. Схема доработанного БП показана на **рис. 1**. Его монтажная плата маркирована как 4M-3. Нумерация дополнительно введённых элементов начинается с цифры 1, и они выделены цветом. Последовательно с выпрямительным диодом D4 установлен дроссель 1L1, который совместно с конденсатором 1C7 уменьшает уровень помех, которые могут проникать от работающего импульсного преобразователя напряжения в сеть. Кроме того, этот дроссель выполняет функцию предохранителя и уменьшает пусковой ток включения. Резистор R3 сопротивлением 560 кОм был заменён на резистор сопротивлением 1 МОм. Вместо стабилитрона D8 на напряжение 7,5 В установлен стабилитрон на 5,6 В. Параллельно конденсатору C6 установлен керамический конденсатор 1C8. Применён стабилитрон D9 на напряжение 3,9 В вместо 5,6 В. Поэтому выходное напряжение БП — около 3,1 В. Резистор R8 заменён другим, сопротивлением 330 Ом, а резистор R7 установлен сопротивлением 360 Ом вместо 680 Ом. Дополнительно установлены конденсаторы 1C9—1C11, дроссель 1L2 и резистор 1R10. Поскольку корпус конденсатора C6 находится очень близко к высоковольтной цепи БП, для надёжной изоляции этот конденсатор помещён в термоусаживаемую трубку. Конденсатор 1C7 — высоковольтный керамический. Дроссель 1L1 — готовый, промышленного изготовления, намотанный на Н-образном ферритовом магнитопроводе, его размеры аналогичны размерам резистора МЛТ-0,25. Дроссель 1L2 намотан на кольцевом магнитопроводе из низкочастотного феррита или пермаллоя диаметром 9 мм, содержит четыре витка вдвое сложенного монтажного провода. К выходу блока питания подключён двухжильный соединительный провод длиной 2,5 м. При модернизации представленного импульсного БП следует учесть, что он не имеет защиты от перегрузки и короткого замыкания на выходе.

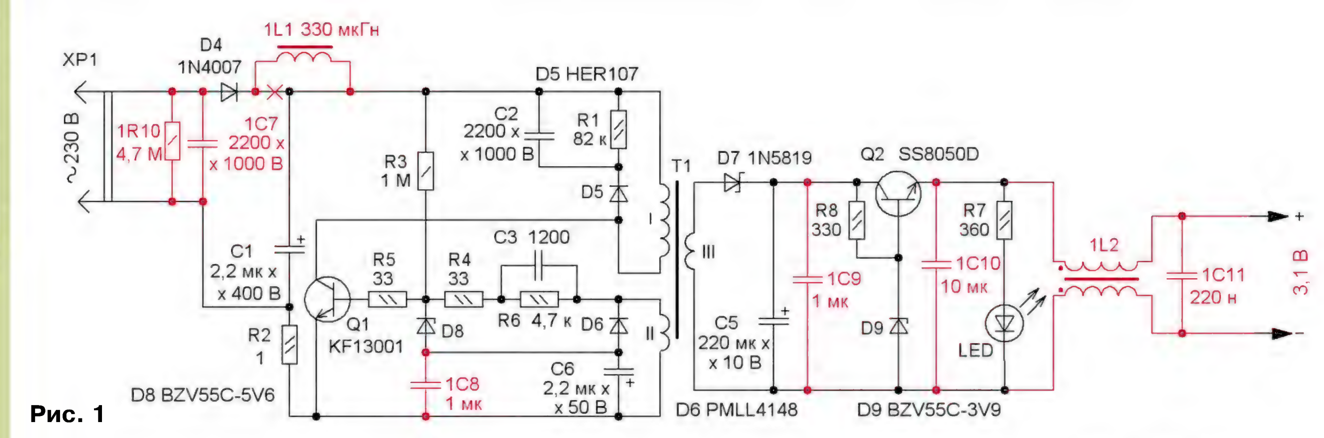


Рис. 1

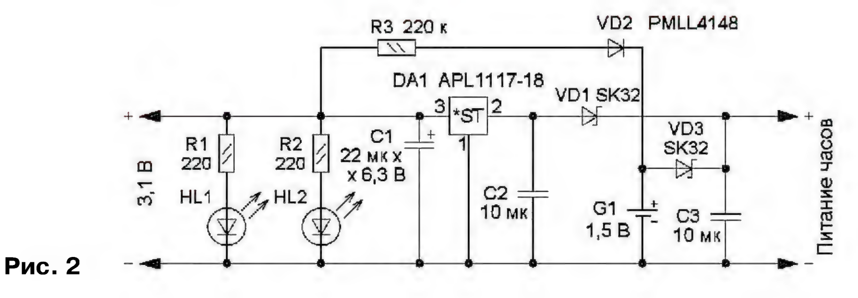


Рис. 2

На **рис. 2** показана схема подключения БП к будильнику. Чтобы будильник работал в отсутствии сетевого напряжения, введён гальванический элемент меньшего типоразмера LR44 (G13, 357, LR1154). Ток, протекающий через последовательно включённые резистор R3 и кремниевый диод VD2, компенсируют саморазряд элемента G1. Если применить гальванический элемент хорошего качества, то при эпизодическом кратковременном отсутствии сетевого электроснабжения его энергии может хватить на срок, обусловленный продолжительностью его хранения. На интегральной микросхеме DA1 собран линейный стабилизатор с выходным

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2018
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

напряжением +1,8 В. Через диод Шотки VD1 напряжение около 1,68 В поступает на будильник. Элемент G1 подключён к ним через развязывающий диод Шотки VD3. Все конденсаторы — блокировочные по цепям питания. Светодиоды HL1 и HL2 служат индикаторами включения и расположены внутри будильника так, чтобы они одновременно подсвечивали его циферблат.

Все дополнительные элементы, кроме светодиодов HL1, HL2 и резисторов R1, R2, размещены в отсеке для элемента питания часов. Вид на их расположение показан на **рис. 3**. Микросхему APL1117-1.8 можно заменить любой малогабаритной со стабилизируемым напряжением 1,8 В, например AZ1117H-1.8. Применены светодиоды повышенной яркости зелёного свечения от подсветки клавиатуры трубки телефонного радиоудлинителя Panasonic. Можно установить большее число светодиодов или светодиоды другого свечения с таким расчётом, чтобы их суммарный ток не превышал 150 мА.

Рис. 3

Вместо диодов Шотки SK32 можно установить любые маломощные низковольтные диоды Шотки, например, 1N5817, MBR0520LT1, MBRS130LT3, MBRD320. Диод VD3 желательно подобрать с прямым падением напряжения не более 0,15 В при токе 1 мА. Диод PMLL4148 можно заменить любым из PMLL4150, PMLL4151, PMLL4153, 1N4148, КД512, КД521. Конденсатор C1 — малогабаритный оксидный, остальные — керамические для поверхностного монтажа. Все элементы приклеены к корпусу будильника клеем "Квинтол–люкс". Пластмассовый держатель шнура питания в несколько этапов приклеен к прозрачной подставке будильника большим количеством цианокрилатового клея.

Можно применить импульсный БП без параметрического стабилизатора с выходным напряжением 3...6,5 В. В этом случае резисторы R1, R2 подбирают так, чтобы ток через светодиоды HL1 и HL2 не превышал максимально допустимого для них.

Внешний вид будильника с подключённым к нему БП показан на **рис. 4**. Безошибочно собранное из исправных деталей устройство начинает работать сразу и не требует налаживания. БП потребляет от сети 230 В около 0,6 Вт, что в несколько раз меньше, чем потребляемая в режиме холостого хода мощность у маломощных сетевых трансформаторов с Ш-образным магнитопроводом. В имевшемся в наличии будильнике изготовитель на задней стенке часового механизма заклеил бумажной наклейкой отверстие для звукоизлучателя. После удаления этой наклейки громкость звукового сигнала увеличилась в несколько раз.


Рис. 4

Высоковольтный сетевой блок питания с гасящим конденсатором и защитой

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

Во многих конструкциях радиолюбители применяют бестрансформаторные блоки питания с гасящим конденсатором. Они привлекательны своей простотой, им не опасны замыкания выхода. Эти блоки, по существу, представляют собой источники тока, значение которого зависит от ёмкости гасящего конденсатора. Оно не может быть превышено даже при коротком замыкании в нагрузке. Но по той же причине такие блоки нельзя включать в сеть при недостаточной нагрузке или вовсе без неё. В этих случаях напряжение на выходе блока резко возрастает и способно достичь амплитуды сетевого напряжения, в результате чего может быть пробит сглаживающий конденсатор выпрямителя. По той же причине возможен выход из строя и деталей устройства, которое питается от такого блока. Поэтому блок питания с гасящим конденсатором без соответствующих мер защиты недопустимо включать в сеть без нагрузки.

Но самый опасный недостаток блока питания с гасящим конденсатором — тяжёлые условия работы этого конденсатора, вследствие чего велика вероятность его пробоя с тяжёлыми последствиями. Поэтому необходима защита блока не только от недостаточной нагрузки, но и от последствий пробоя гасящего конденсатора. Подробно об особенностях блоков питания с гасящим конденсатором можно прочитать в статье [1].

Вариант блока питания с защитой от описанных выше ситуаций предложен в этой статье. В типовую схему добавлено всего несколько деталей, которые практически всегда есть под рукой. Проведённые эксперименты показали, что защита эффективна и при пробое гасящего конденсатора, и при отключении нагрузки или уменьшении потребляемого ею тока. Порог срабатывания защиты может быть легко установлен на любом уровне.

На **рисунке** изображена схема блока, который обеспечивает выходной ток примерно 120 мА при выходном напряжении до 130 В. Он предназначен для питания светильника из соединённых в последовательные и параллельные группы мощных светодиодов. Мне удалось подобрать симметричные динисторы VS1—VS4 так, что защита срабатывает при превышении выходным напряжением значения около 135 В. Идея использовать цепочку последовательно соединённых динисторов взята из статьи [2].

Тринистор VS5, резистор R3, динисторы VS1—VS4 и диод VD5 — элементы собственно защиты. Резистор R2 и плавкая вставка FU1 тоже выполняют защитные функции, но они обычно имеются в любом блоке питания с гасящим конденсатором независимо от того, применяется ли там предлагаемая защита или нет.

Допустим, нагрузка отключилась. Например, перегорели светодиоды, питаемые от блока. Напряжение на выходе выпрямительного моста VD1—VD4 начинает расти. При некотором его значении динисторы VS1—VS4 открываются, и проходящий по ним ток открывает тринистор VS5, который замыкает

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

выход выпрямителя. Это повторяется в каждом полупериоде сетевого напряжения, не давая напряжению на конденсаторе C2 превысить допустимое значение. Диод VD5 защищает управляющий электрод тринистора VS5 от разрядного тока конденсатора C2, который без этого диода может быть довольно значительным и вывести из строя тринистор.

Если ёмкость гасящего конденсатора C1 невелика, ни резистор R2, ни плавкая вставка FU1 после срабатывания защиты не перегорят, и в таком состоянии блок может находиться очень долго. После восстановления нагрузки он возвратится в обычный рабочий режим. Но при большой ёмкости гасящего конденсатора перегорание резистора R2 возможно. В моём случае при ёмкости конденсатора C1 3,6 мкФ этот резистор перегорал.

После пробоя гасящего конденсатора напряжение на выходе выпрямителя также начинает расти, а когда оно достигает порога срабатывания защиты, симметричные динисторы VS1—VS4 и тринистор VS5 открываются. Это закорачивает выход выпрямителя, предохраняя от перенапряжения нагрузку. Но ток, протекающий через плавкую вставку FU1, резистор R2, диодный мост VD1—VD4 и тринистор VS5, будет ограничен лишь сопротивлением резистора R2, прямым сопротивлением p-n переходов двух выпрямительных диодов и сопротивлением анод—катод открытого тринистора VS5.

Естественно, ток в этой цепи значительно возрастёт, что вызовет перегорание резистора R2 и плавкой вставки FU1 (именно в такой последовательности, причём чаще всего вставка FU1 остаётся целой). Как показали многочисленные эксперименты, выпрямительные диоды и тринистор указанных на схеме типов выдерживают аварийный ток без повреждений. Подключённый же к выходу блока питания контрольный светодиод остался цел после всех экспериментов с имитацией пробоя конденсатора, что свидетельствует о надёжности защиты нагрузки.

Имейте в виду, что далеко не все конденсаторы могут работать в качестве гасящего (C1). Теоретически конденсатор в цепи переменного тока мощности не рассеивает. Но реально в диэлектрике, находящемся в сильном переменном электрическом поле, и в тонких обкладках, по которым протекает значительный ток, выделяется некоторое количество тепла. Можно заранее проверить пригодность конденсатора для использования в качестве гасящего, просто включив его напрямую в электросеть и через полчаса оценив температуру корпуса. При этом следует соблюдать крайнюю осторожность, поскольку некоторые конденсаторы, даже рассчитанные на высокое напряжение постоянного тока, в таком режиме могут взорваться. Лучше всего на время проверки поместить конденсатор в прочный контейнер. Если конденсатор успевает заметно разогреться, он непригоден для использования в качестве гасящего.

Практически не нагреваются специальные конденсаторы для промышленных электроустановок, рассчитанные на большую реактивную мощность. На таких конденсаторах обычно указано допустимое не постоянное, а переменное напряжение. Их используют, например, в люминесцентных светильниках и в пускорегулирующих устройствах асинхронных электродвигателей. Пригодны также плёночные помехоподавляющие конденсаторы класса защиты X2 на переменное напряжение 250 В и более.

Из "обычных" конденсаторов можно применять металлоплёночные К73-17 с номинальным постоянным напряжением не менее 630 В. Они выдерживают переменную составляющую приложенного к ним напряжения амплитудой примерно до 350 В. Приблизительно такой она становится при повышении эффективного значения напряжения в сети 230 В на 10 %, что согласно действующему стандарту вполне возможно. Применять такие конденсаторы на меньшее постоянное напряжение недопустимо. Например, конденсаторы К73-17 на 400 В надёжно работают лишь при амплитуде переменного напряжения не более 280 В.

О методике расчёта ёмкости гасящего конденсатора можно прочитать в статьях [1] и [3]. В последней приведены и рекомендации по выбору гасящих конденсаторов из ассортимента тогда доступных.

Я применил в описываемом блоке питания полипропиленовый конденсатор К78-22 от люминесцентного светильника, в котором он использовался для улучшения коэффициента мощности и включался для этого непосредственно в сеть. Он выдерживает переменное напряжение до 450 В частотой 50 Гц.

Диоды 1N4007 можно заменить другими выпрямительными диодами или готовыми выпрямительными мостами с допустимым обратным напряжением не менее 800 В, выдерживающими средний выпрямленный ток не менее 1 А и кратковременные импульсы тока амплитудой не менее 30 А.

Симметричные динисторы DB3 и DB4 допустимо комбинировать между собой в любом сочетании, набирая нужное напряжение срабатывания защиты. Напряжение открывания динисторов DB3 находится в пределах 28...36 В, а динисторов DB4 — 35...40 В. Для них допустим импульсный ток до 2 А, что вполне достаточно для надёжного открывания тринистора любого типа. Эти динисторы, а также диоды 1N4007 можно выпаять из электронных балластов КЛЛ. Заменять упомянутые динисторы приборами серии КН102 нельзя. Они не выдерживают ток, необходимый для открывания тринистора КУ221Г.

Тринистор КУ221Г устойчив к значительным кратковременным перегрузкам, допустимый импульсный ток в открытом состоянии у него — 100 А. Но можно применять и другие тринисторы. Главное, чтобы допустимое напряжение в закрытом состоянии было не менее 300 В, допустимый ток — не менее 10 А (кратковременно не менее 30 А). Подойдут, например, КУ202Л—КЛ202Н.

О резисторе R2 необходимо сказать особо. Понятно, что чем меньше допустимая рассеиваемая им мощность, тем быстрее он перегорит. Но эта мощность должна быть не меньше той, что выделяется на этом резисторе при нормальной работе блока питания, когда он не должен перегреваться и уж тем более перегорать. Если это условие не выполняется, следует применить резистор меньшего сопротивления либо с большей номинальной мощностью. Возможно, при уменьшенном сопротивлении резистора R2 потребуется и более мощный тринистор, ток через который при пробое гасящего конденсатора увеличится.

Интересно, что более чем в десятке проведённых экспериментов с имитацией пробоя конденсатора резистор R2 мощностью 0,25 Вт сгорал первым. Плавкая вставка FU1 на 0,5 А перегорела всего один раз. Причём резисторы МЛТ именно сгорают с шипением, искрами и пламенем. Более современные резисторы перегорают с громким хлопком, внешне никак не изменяясь. Но для обеспечения пожаробезопасности на резистор R2 в любом случае необходимо надеть трубку из негорючего материала, например из стекловолокна. Такие трубки можно найти в утюгах и других электронагревательных приборах.

Для обеспечения безопасности при установке порога срабатывания защиты необходимо питать блок через разделительный трансформатор. Прежде всего, оцените потребное число динисторов. Для этого измерьте и запишите напряжение открывания каждого имеющегося динистора. Затем выберите из числа проверенных те, сумма напряжений открывания которых наиболее близка к требуемому порогу срабатывания защиты. Если в наличии много динисторов, выбрать из них нужные будет несложно. Для точной подгонки порога можно один из динисторов заменить одним или несколькими стабилитронами. После этого останется установить подобранные детали на плату блока питания и проверить её в работе.

Для проверки подключите собранный блок без нагрузки к автотрансформатору, выходное напряжение которого предварительно установите равным нулю. К выходу блока подключите вольтметр. Затем медленно повышайте напряжение на выходе автотрансформатора. Поскольку блок питания работает без нагрузки, напряжение на его выходе будет близким к амплитуде

входного и расти вместе с ним. Когда оно сравняется с порогом защиты, она сработает, и показания вольтметра перестанут расти. Этот момент будет легко зафиксировать по увеличению громкости гудения автотрансформатора. Нужно убедиться, что резистор R2 не перегорит при этом состоянии блока питания даже при максимально возможном напряжении в сети.

Рекомендую несколько раз включить блок питания в сеть без нагрузки, а затем с закороченным гасящим конденсатором, чтобы удостовериться в надёжном срабатывании защиты в обоих случаях, а также в пожаробезопасном сгорании резистора R2 при пробое конденсатора. Несколькими сгоревшими резисторами ради безопасности стоит пожертвовать.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дорофеев М.** Бестрансформаторный с гасящим конденсатором. — Радио, 1995, № 1, с. 41, 42; № 2, с. 36, 37.

2. **Нечаев И.** Сигнализатор превышения номинального сетевого напряжения. — Радио, 2017, № 11, с. 37, 38.

3. **Бирюков С.** Расчёт сетевого источника питания с гасящим конденсатором. — Радио, 1997, № 5, с. 48—50.

Лабораторный блок питания с защитой от перегрева

Б. ДЕМЧЕНКО, г. Киев, Украина

Для налаживания всевозможных электронных устройств необходим регулируемый источник стабилизированного напряжения, и, как правило, не один. Предлагаемый трёхканальный блок состоит из трёх регулируемых линейных стабилизаторов, собранных по самым простым схемам. Тем не менее он удовлетворяет большинству потребностей радиолюбителя. Несложный узел управления вентилятором защищает рассеивающие большую мощность элементы блока от перегрева. Это позволило уменьшить размеры блока и повысить его надёжность.

Схема блока питания показана на **рис. 1**. Он состоит из сетевого трансформатора T1 на тороидальном магнитопроводе, выпрямительных мостов VD2—VD4, сглаживающих конденсаторов C2—C4 и трёх линейных стабилизаторов на микросхемах DA4, DA5 (LM317T) и DA6 (LM337T), обеспечивающих выходные напряжения: U_1 = (1,25...12,5) В — при токе нагрузки до 1,5 А; U_2 = (1,25...15,5) В — при токе нагрузки до 1 А; U_3 = −(1,25...15,5) В — при токе нагрузки до 1 А. Микросхемы стабилизаторов установлены через слюдяные прокладки на общем теплоотводе, площадь охлаждающей поверхности которого около 400 см².

Известно много вариантов устройств сигнализации и контроля температуры, например, описанный в [1]. Применённый в предлагаемой конструкции узел сигнализации о перегреве и управления вентилятором отличается от них простотой и надёжностью. Он построен на двух параллельных интегральных стабилизаторах напряжения TL431ACLP (DA2 и DA3) и транзисторах VT1, VT2. Напряжение питания на него поступает от интегрального стабилизатора DA1.

На управляющие входы стабилизаторов DA2 и DA3 подано напряжение с

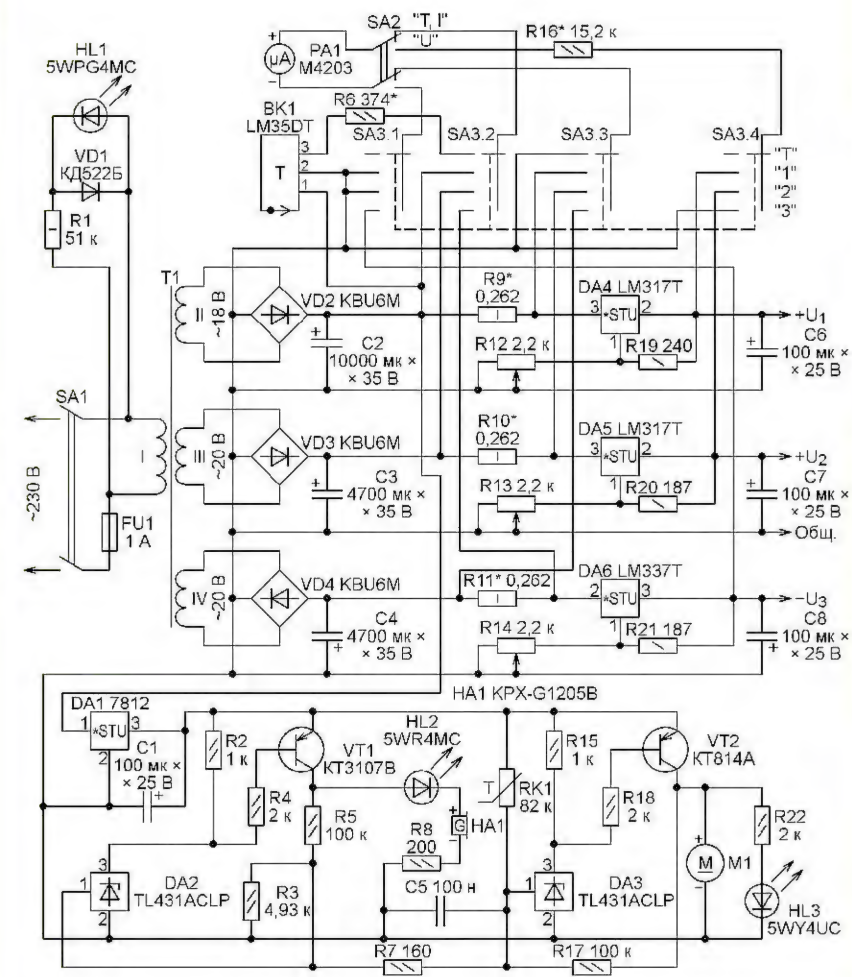


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

термозависимого делителя напряжения RK1R7R3. Терморезистор RK1 (ММТ-1 с сопротивлением 82 кОм при температуре +25 °C) имеет ТКС −(2,4...5) %/°C. Он прижат П-образной обоймой через слюдяную прокладку к теплоотводу, на котором установлены стабилизаторы. Промежуток между терморезистором и теплоотводом заполнен теплопроводной пастой КПТ-8.

При температуре теплоотвода более +50 °C открывается транзистор VT2 и начинает работать вентилятор M1, обдувающий теплоотвод. Кроме того, включается жёлтый светодиод HL3. Если температура продолжает повышаться и достигает +55...60 °C, открывается и транзистор VT1, включая светозвуковую сигнализацию — красный светодиод HL2 и электромагнитный излучатель звука HA1 с встроенным генератором. Резисторы обратной связи R5 и R17 создают гистерезис в характеристиках переключения, обеспечивая чёткое включение и выключение вентилятора, светодиодов и звукоизлучателя.

Принудительное охлаждение втрое сокращает необходимую площадь охлаждающей поверхности теплоотвода, а совместно с описанным выше узлом обеспечивает бесшумную работу блока при небольшой нагрузке.



Рис. 2

Для контроля выходных напряжений и токов нагрузки в блоке установлен стрелочный прибор PA1 — это магнитоэлектрический вольтметр М4203 с пределами измерения 0—15 В, из которого удалён встроенный добавочный резистор. Получился микроамперметр с током полного отклонения стрелки 955 мкА и сопротивлением рамки 410 Ом.

Внешний добавочный резистор R16 необходим для измерения выходных напряжений блока в пределах от 0 до 15 В. Резисторы R9—R11 — шунты в цепях измерения тока нагрузки. Каждый из них составлен из четырёх резисторов С2-29В-0,5 (два — по 1 Ом и два — по 1,1 Ом), соединённых параллельно. Это обеспечивает измерение тока в пределах от 0 до 1,5 А. Допустимое отклонение сопротивления этих резисторов от номинала — не более ±1 %.

Аналоговый датчик температуры BK1 (LM35DT) также установлен на теплоотводе интегральных стабилизаторов DA4—DA6. Напряжение на его выходе равно 0 при температуре 0 °C и растёт пропорционально температуре с крутизной 10 мВ/°C. Через добавочный резистор R6 оно поступает на микроамперметр PA1, если переключатель SA2 установлен в положение "T, I", а переключатель SA3 — в положение "T". Измеряется температура от 0 до +75 °C.

Выходные напряжения регулируют переменными резисторами R12—R14 СП5-35Б, отличающимися малой дискретностью изменения сопротивления (не хуже 0,1 %). Это позволяет устанавливать выходные напряжения с точностью до нескольких милливольт.

Переключатель SA2 — движковый KBB40-2P2W. Переключатель SA3 — галетный ПМ 5П4Н, но использованы только четыре из пяти его положений.

Габаритная мощность трансформатора T1 — не менее 60 В·А. Напряжение его вторичных обмоток указано на схеме. Диаметр провода обмотки II — не менее 0,8 мм, обмоток III и IV — не менее 0,67 мм.

Блок питания собран в металлическом корпусе размерами 105×140××140 мм (**рис. 2**). Переменные резисторы R12—R14, выключатель SA1, переключатели SA2 и SA3, светодиоды HL1—HL3 установлены на его передней панели. На ней же находится розетка РП10-7, на которую выведены выходные напряжения блока. На задней панели находится сетевой разъём. Теплоотвод стабилизаторов расположен за задней крышкой и представляет собой алюминиевую пластину с рёбрами, обращёнными внутрь блока. Диодные мосты VD2—VD4 размещены на отдельной небольшой металлической пластине.

Светодиоды типов, указанных на схеме, можно заменить любыми единичными светодиодами повышенной яркости с рабочим током до 20 мА зелёного (HL1), красного (HL2) и жёлтого (HL3) свечения. Вместо транзисторов КТ3107В и КТ814А допустимо установить транзисторы тех же серий с буквенными индексами А—В. На месте звукового сигнализатора KPX-G1205B будет работать аналогичный с встроенным генератором и рабочим напряжением 4...8 В. Вентилятор M1 — 6015S (12 В, 0,18 А) размерами 60×60×15 мм.

При проверке изготовленного блока не помешает измерить температуру трансформатора T1 после длительной работы под максимальной нагрузкой. Её можно определить по формуле из [2]

$$T_г = T_x + 250 \cdot \frac{R_г - R_x}{R_x},$$

где $T_г$ — температура горячего после длительной работы трансформатора, °C; T_x — температура холодного трансформатора, равная температуре окружающего воздуха, °C; $R_г$ — сопротивление первичной обмотки горячего трансформатора, Ом; R_x — сопротивление первичной обмотки холодного трансформатора, Ом.

Сопротивление первичной обмотки измеряют мультиметром в режиме омметра, полностью отключив её от сети, причём "горячее" сопротивление — как можно скорее после отключения. При измерении следует соблюдать осторожность, так как в момент отключения омметра от обмотки на ней возникает высоковольтный импульс напряжения самоиндукции.

Допустимым можно считать нагрев трансформатора на открытом воздухе до 50 °C. Учтите, что в закрытом корпусе, особенно при наличии в нём других источников тепла, температура трансформатора будет выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бутов А.** Светозвуковой сигнализатор для контроля температуры. — Радиомир, 2004, № 9, с. 20, 21.

2. **Гинкин Г. Г.** Справочник по радиотехнике. — М.: Госэнергоиздат, 1948.

Прибор для восстановления аккумуляторов

Н. ОСНИЦКИЙ, г. С.-Петербург

Это устройство построено в основном из готовых модулей (в том числе Arduino Nano), продаваемых в интернет-магазинах. Его основное назначение — тренировать аккумуляторы и их батареи, восстанавливая утраченную ёмкость, но оно может и просто разряжать или заряжать их. К нему можно подключить одновременно до восьми однотипных аккумуляторов (батарей). Информация о ходе процессов и их результатах, в том числе об отданном при разрядке или полученном при зарядке электрическом заряде, выводится на ЖКИ. Пользуясь этой информацией, можно вычислить внутреннее сопротивление аккумулятора.

Устройство работает с аккумуляторами и их батареями (в дальнейшем будем называть их просто аккумуляторами) всех типов с номинальным напряжением от 1 до 12 В, обеспечивая ток разрядки и зарядки 0,07...2 А. Полезную информацию о свойствах различных аккумуляторов и оптимальных режимах работы с ними можно найти в [1—5].

Прибор разряжает аккумуляторы заданным током разрядки до заданного минимального напряжения и заряжает их заданным током зарядки до заданного максимального напряжения. Для предотвращения аварийных ситуаций продолжительность этих процессов ограничена. Предусмотрено также автоматическое выполнение от одного до 20 циклов разрядка—пауза—зарядка—пауза с индикацией заданных и текущих параметров. Заданные параметры, в том числе длительность пауз, можно изменять в процессе работы. При одновременной работе с несколькими (до восьми) аккумуляторами их параметры контролируются индивидуально.

Текущее значение напряжения каждого аккумулятора устройство определяет при временно отключённых источниках разрядного и зарядного тока. Это позволяет более точно контролировать состояние аккумуляторов разной степени изношенности. Информацию о длительности процессов разрядки и зарядки аккумуляторов и количестве отданного или полученного ими электрического заряда устройство выводит на ЖКИ и запоминает в энергонезависи-

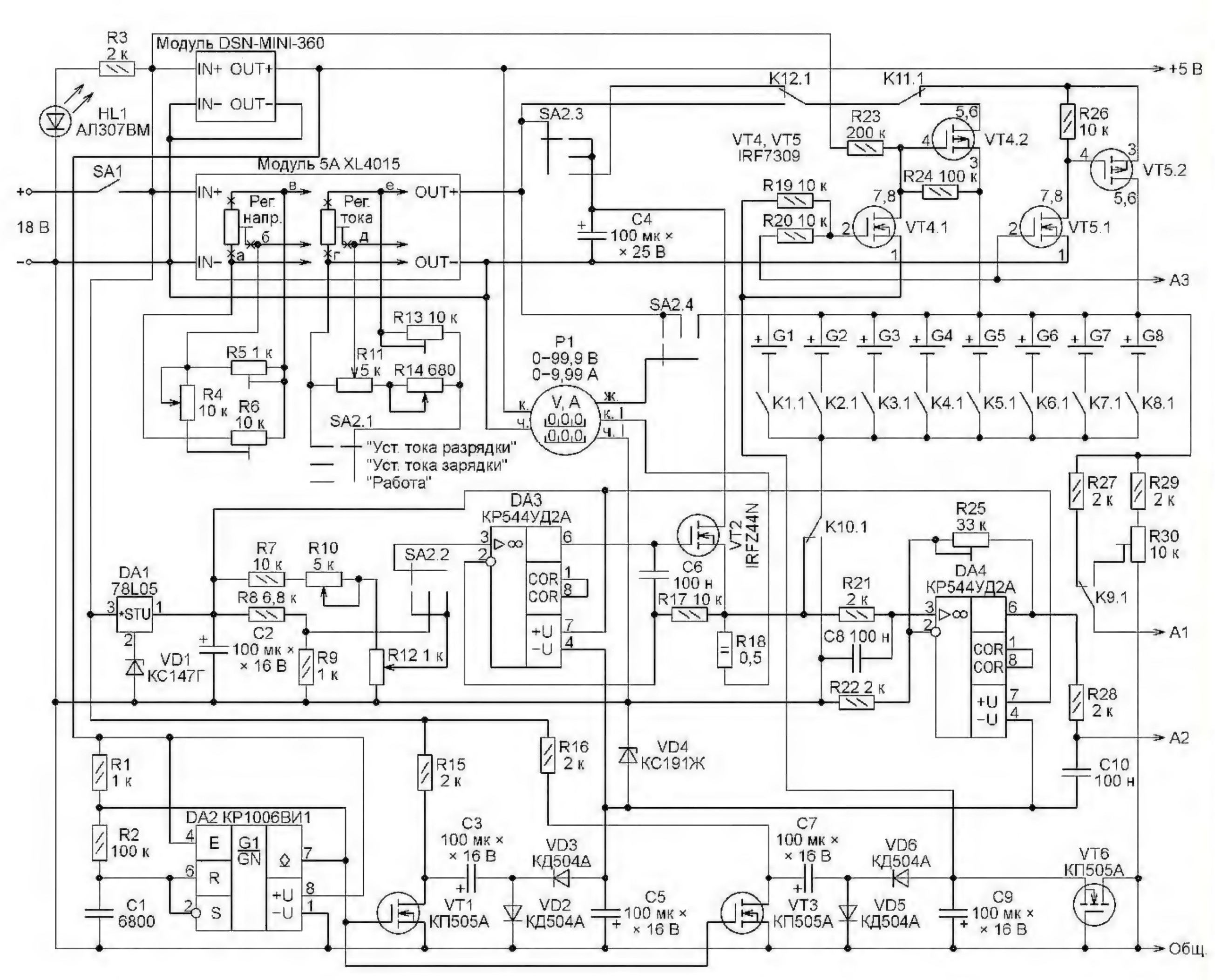


Рис. 1

Рис. 2

мой памяти, содержимое которой можно передать для обработки в компьютер.

Внутреннее сопротивление аккумуляторов прибор не измеряет. Однако этот параметр можно оценить по результатам измерения напряжения аккумулятора при подключённой нагрузке и без неё. У "плохих" аккумуляторов разница результатов этих измерений, как правило, существенно увеличена, что соответствует повышенному внутреннему сопротивлению.

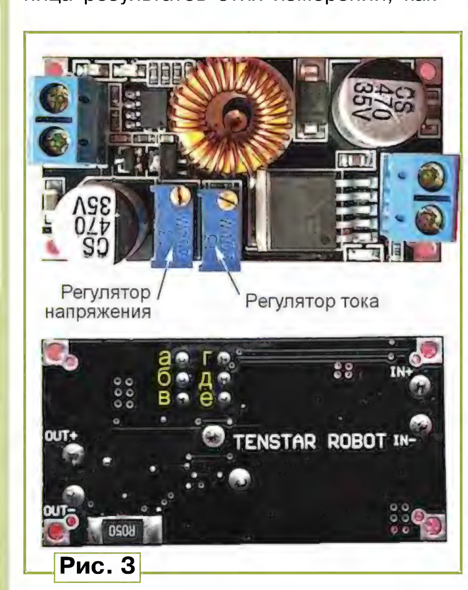


Рис. 3

Таблица 1

Положение SA2		Уст. тока разрядки (У1)	Уст. тока зарядки (У2)	Подготовка к пуску / Работа (Р)
Функция кнопки	**SB1**	Выбор режима	Не действует	Вывод по USB содержимого EEPROM / Не действует
	SB2	Не действует	Перебор заданных параметров	
	SB3	Не действует	Перебор текущих параметров	
	SB4	Добавление цикла	Увеличение выбранного заданного параметра	
	SB5	Удаление цикла	Уменьшение выбранного заданного параметра	
	SB6	Очистка EEPROM	Не действует	Пуск / Следующий процесс

Схема аналоговой части прибора изображена на **рис. 1**, а его цифровой части — на **рис. 2**. Галетный переключатель SA2 (ПГ3 3П6Н) имеет три положения: предварительная установка тока разрядки (У1), предварительная установка тока зарядки (У2), работа (Р) (разрядка—зарядка аккумуляторов). Предварительно устанавливать ток необходимо для того, чтобы не повредить аккумуляторы недопустимым током. Действие кнопок SB1—SB6 в различных положениях переключателя SA2 соответствует **табл. 1**.

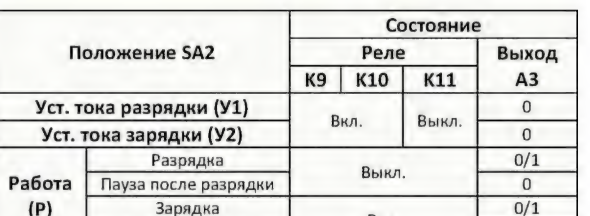


Рис. 4

Источником зарядного и разрядного тока служит готовый модуль 5A XL4015 (**рис. 3**). Из него выпаяны подстроечные резисторы установки выходного напряжения и тока, а вместо них к показанным на рис. 3 точкам а—е подключены внешние цепи регулировки. Переменные резисторы R11 "Ток зарядки грубо", R14 "Ток зарядки точно" и R4 "Напряжение" размещены на передней панели прибора. Подстроечные резисторы R5, R6 и R13 служат для установки пределов регулирования тока и напряжения.

В переключении режимов, задаваемых переключателем SA2, участвуют также реле модуля HL-54S (**рис. 4**), управляемые командами модуля Arduino Nano. Их состояние в разных режимах работы прибора указано в **табл. 2**. В ней же показаны логические уровни сигнала на выходе A3 модуля Arduino Nano. Низкий уровень (0) соответствует измерению микроконтроллером напряжения аккумулятора, высокий (1) — его зарядке или разрядке.

Таблица 2



Положение SA2		Состояние			
		Реле			Выход
		K9	K10	K11	A3
Уст. тока разрядки (У1)		Вкл.		Выкл.	0
Уст. тока зарядки (У2)					0
Работа (Р)	Разрядка	Выкл.			0/1
	Пауза после разрядки				0
	Зарядка	Вкл.			0/1
	Пауза после зарядки				0



Рис. 5

Пользователь контролирует напряжение аккумулятора, ток его разрядки и зарядки с помощью цифрового ампервольтметра P1 (**рис. 5**). Первоначально я установил его для удобства налаживания прибора, но он оказался очень полезным и при работе с ним.

Модуль Arduino Nano выводит на ЖКИ HG1 заданные и текущие значения параметров. Он же управляет разрядкой и зарядкой аккумуляторов, отсчитывает паузы между этими процессами, измеряет напряжение на аккумуляторах, включает и выключает текущий через них ток. ЖКИ подключён к модулю Arduino Nano через преобразователь параллельного интерфейса ЖКИ в последовательный интерфейс I^2C (**рис. 6**), который стыкуется непосредственно с разъёмом ЖКИ. Это позволило сократить до двух число линий, по которым модуль Arduino Nano управляет ЖКИ.

Зарядка организована с помощью упомянутого выше модуля 5A XL4015. При работе с аккумуляторами желательно не допускать слишком большого напряжения на них. Максимальное напряжение на выходе источника зарядного тока должно быть лишь на 20 % больше напряжения заряженного аккумулятора.

Стабилизатором тока разрядки служит узел на ОУ DA3 и полевом транзисторе VT2, которые охвачены отрицательной обратной связью по току. Транзистор VT2 установлен на игольчатом алюминиевом теплоотводе, установленном снаружи корпуса на его боковой стенке иглами к ней. Размеры теплоотвода — не менее 50×30 мм.

Датчик тока образуют резисторы R18 и шунт амперметра P1. Ток разрядки регулируют выведенными на переднюю панель прибора переменными резисторами R10 и R12. Сигнал с датчика тока, усиленный ОУ DA4, поступает также на вход A2 модуля Arduino Nano для измерения. Результат этого измерения программа использует для расчёта принятого или отданного аккумулятором электрического заряда.



Рис. 6



Рис. 7

Напряжение 5 В для питания модуля Arduino Nano, ЖКИ HG1, микросхем DD1—DD4 и реле получено из напряжения первичного источника 18 В с помощью импульсного стабилизатора напряжения — модуля DSN-MINI-360 (**рис. 7**). Поскольку этот стабилизатор регулируемый, нужное напряжение (+5 В) на его выходе ещё до подачи его на питаемые узлы прибора следует установить имеющимся в модуле подстроечным резистором.

Напряжение на выходе интегрального стабилизатора DA1 78L05 повышено с +5 В до +9 В с помощью стабилитрона VD1 КС147Г и использовано для питания ОУ DA3 и DA4. Таймер DA2 КР1006ВИ1 служит задающим генератором источника отрицательного напряжения питания, необходимого этим ОУ. Его импульсы усилены полевым транзистором VT1 и преобразованы в отрицательное постоянное напряжение выпрямителем на диодах VD2 и VD3. Его ограничивает до −9 В стабилитрон VD4.

Аналогичным образом с помощью транзистора VT3 и диодов VD5, VD6 получено напряжение −1,5 В для питания цепи управления электронным ключом на сборке полевых транзисторов VT4. Стабилизатор этого напряжения — полевой транзистор VT6, работающий как низковольтный стабилитрон.

Реле K1—K8, объединённые в релейный модуль (**рис. 8**), поочерёдно подключают аккумуляторы G1—G8 к цепям разрядки—зарядки. Модуль Arduino Nano формирует сигналы управления этими реле в виде последовательного кода, который затем преобразует в параллельный код микросхема DD3 (74HC595N). С её выходов управляющие сигналы поступают на входы релейного модуля.

Кроме того, сигналы с этих выходов через электронные ключи микросхемы DD4 (ULN2803APG) управляют двухцветными светодиодами HL3—HL10. Свечение каждого из них свидетельствует о том, что идёт разрядка или зарядка соответствующего аккумулятора. Цвет свечения (красный при разрядке, зелёный при зарядке) зависит от состояния полевых транзисторов сборки VT7. Когда идёт работа с аккумуляторами, включён светодиод HL2.

Работой устройства управляют с помощью кнопок SB1—SB6 и DIP-переключателей SA3 "Тип аккумуляторов", SA4 "Число аккумуляторов". Параллельные коды состояния кнопок и переключателей сдвиговые регистры DD1 и DD2 (CD4014BE) преобразуют в последовательный код для загрузки в модуль Arduino Nano.

Для контроля температуры аккумуляторов и теплоотвода транзистора VT2 в приборе имеются два датчика температуры DS18B20. Их информационные входы—выходы подключены к одной и той же линии D2 модуля Arduino Nano. Программа микроконтроллера модуля различает эти датчики по хранящимся в их постоянной памяти идентификационным кодам. Какой из них должен измерять температуру теплоотвода, а какой температуру аккумуляторов, определяют в процессе налаживания прибора. В случае превышения допустимой температуры аккумулятора (+45 °С) или теплоотвода транзистора (+80 °С) ток зарядки или разрядки прерывается до тех пор, пока температура не понизится до допустимой.

В правом нижнем углу экрана ЖКИ прибор выводит номер режима в цикле (1 или 3 — разрядка; 2, 4 или 6 — пауза; 5 или 7 — зарядка) и состояние реле K9, K10, K11 модуля HL-54S. Символ подчёркивания означает, что соответствующее реле выключено, символы р, а, m —

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

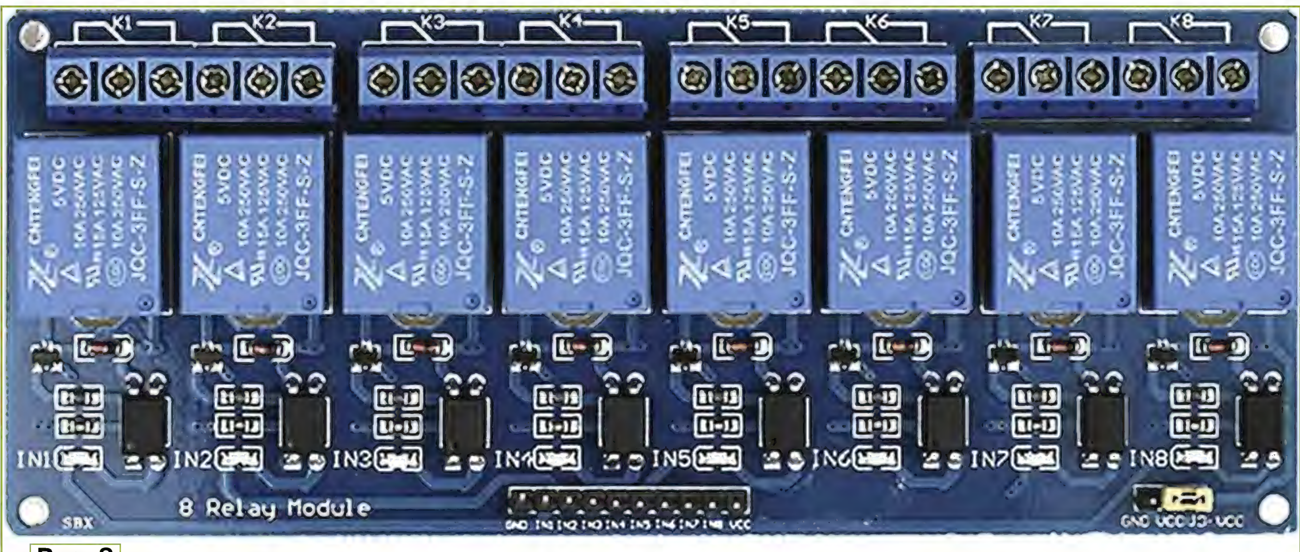


Рис. 8

Таблица 3

Ячейки	Содержимое	Ед. изм.
	Разрядка	
0–3	Текущее напряжение аккумулятора 1	В
4–7	Текущая продолжительность разрядки аккумулятора 1	ч
8–11	Ток разрядки аккумулятора 1, усреднённый за четыре последних измерения	А
12–15	Текущее количество электричества, отданное аккумулятором 1	А·ч
16–20	Текущее напряжение аккумулятора 2	В
...	...	...
120–127	Текущее количество электричества, отданное аккумулятором 8	А·ч
	Зарядка	
128–131	Текущее напряжение аккумулятора 1	В
132–135	Текущая продолжительность зарядки аккумулятора 1	ч
136–139	Ток зарядки аккумулятора 2, усреднённый за четыре последних измерения	А
140–143	Текущее количество электричества, сообщённое аккумулятору 1	А·ч
144–147	Текущее напряжение аккумулятора 2	В
...	...	...
236–239	Текущее количество электричества, сообщённое аккумулятору 7	А·ч

включены соответственно реле K9, K10, K11.

Поскольку на аналогово-цифровой преобразователь модуля Arduino Nano нельзя подавать напряжение более +5 В, для работы с аккумуляторами большего напряжения применён делитель напряжения R29R30. Реле K9 при необходимости по сигналу модуля Arduino Nano включает его в цепь измерения. Конденсатор C11 сглаживает выбросы измеряемого напряжения и коммутационные помехи.

Для подключения к прибору аккумуляторов различных типов предусмотрены два не показанных на схеме разъёма, с которыми соединяют контактные устройства. Их конструкция может быть любой. Главное, чтобы были обеспечены хороший контакт и допустимый ток не менее 3 А.

Процесс работы с аккумулятором состоит из интервалов измерения напряжения на нём в отсутствие тока и интервалов подачи установленного переменными резисторами R11 и R14 тока зарядки или переменными резисторами R10 и R12 тока разрядки. При этом аккумуляторы, число которых задано DIP-переключателем SA4, по очереди включаются в работу контактами реле K1.1—K8.1. Коммутация зарядка—разрядка организована с помощью ключей на сборках полевых транзисторов VT4 и VT5, управляемых с выхода A3 модуля Arduino Nano.

В процессе работы в EEPROM микроконтроллера модуля Arduino Nano записываются в формате с плавающей запятой текущие параметры выполняемой процедуры, каждый из которых занимает в нём по четыре ячейки. Это даёт возможность просмотреть результаты не только во время работы, но и после отключения питания прибора. Адреса ячеек EEPROM и их содержимое соответствуют указанным в **табл. 3**. В ячейках, соответствующих аккумуляторам с номерами, большими, чем набранное на DIP-переключателе SA4 число, хранятся нули.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности зарядки Ni-MH аккумуляторов, требования к зарядному устройству и основные параметры. — URL: **http://akbinfo.ru/shhelochnye/ni-mh-akkumuljatory-kak-zarjazhat-zarjadnoe-ustrojstvo-i-parametry.html** (03.05.2018).

2. Импульсная зарядка для Li-ion аккумуляторов. — URL: **http://electro-shema.ru/chertezhi/pulse-charger-li-ion.html** (03.05.2018).

3. NiMH аккумуляторы, их тренировка и восстановление. — URL: **http://www.electrosad.ru/Sovet/NiMH.htm** (03.05.2018).

4. Виды заряда никель-кадмиевых аккумуляторов. — URL: **http://samodelka.info/zaryadnie-akb/princip-zaryada-nikel-cadmievih-akb.html** (03.05.2018).

5. Аккумуляторы типоразмера 18650. Не дай себя обмануть! — URL: **http://uceleu.ru/blog/snaraga/2041.html** (03.05.2018).

(Окончание следует)

Микроконтроллеры с ядром Cortex-M

А. НИКОЛАЕВ, г. Боготол Красноярского края

Стремительное развитие микропроцессорной техники привело к повсеместному внедрению микроконтроллеров, управляющих различными устройствами. В ближайшем будущем встретить устройство без микроконтроллера будет всё сложнее. Миниатюризация и повышенная производительность микроконтроллеров позволяют значительно расширить функциональные возможности устройств. Современное развитие технологии приводит к логическому появлению такого явления, как Интернет вещей (IoT), но для его реализации необходимо иметь мощное ядро и развитую периферию микроконтроллера, когда в одной микросхеме реализовано всё будущее устройство. Инженеру остаётся только написать программу, реализующую алгоритм его работы. Семейство процессорных ядер Cortex-M как раз и предназначено для этого.

Начиная обзор, вернёмся в 1990 г., когда несколько компаний решили организовать совместное предприятие Advanced RISC Machines Ltd. (ARM). Это были Apple Computer, Arcon Computer Group и VLSI Technology. В 1991 г. было представлено первое ядро этой компании. Оно получило название ARM6, а компания VLSI первой получила лицензию на его производство. Потом и другие компании последовали её примеру и приобрели лицензии. В числе этих компаний были такие гиганты, как Texas Instruments, NEC, Sharp, STMicroelectronics. Это привело к повсеместному применению ядра ARM6 в разнообразной технике — КПК, мобильных телефонах, жёстких дисках и разнообразной бытовой технике.

Компания ARM сама не производит и не продаёт процессоры на основе собственных разработок. Она лишь занимается разработкой и лицензированием процессорных ядер, которые реализуют в кремниевых кристаллах другие компании. ARM предлагает различные условия лицензирования, различающиеся стоимостью и конечными результатами. Всем лицензиатам ARM предоставляет интегрируемое аппаратное описание ядра ARM, полный набор инструментов для разработки программного обеспечения и право на продажу изготовленных кристаллов, содержащих процессор ARM.

Производители интегрированных устройств (IDM) получают ядро процессора ARM как интеллектуальную собственность, синтезируемый модуль RTL, написанный на Verilog. Это позволяет выполнить оптимизацию архитектуры ядра и расширять его в зависимости от назначения. Всё это позволяет реализовать нестандартные конструкции, например, с увеличенной тактовой частотой, уменьшенным энергопотреблением или совместить ядро с каким-либо датчиком.

Для повышения плотности кода начиная с 1994 г., когда было создано ядро ARM7TDMI, были введены дополнительные 16-разрядные команды, позволяющие оптимизировать программу по размеру используемого кода. Этот набор, названный Thumb, состоит из 36 команд, преобразованных из стандартных 32-разрядных команд ARM в 16-разрядные. Они имеют меньшую функциональность и фактически ограничивают использование 32-разрядного ядра на полную мощность. Напрямую можно обращаться только к восьми младшим регистрам общего назначения, с восемью старшими можно делать лишь несколько операций. Отсутствует умножение с накоплением/расширением, сопроцессорные операции, доступ к PSR и регистрам других контекстов, атомарный обмен SWAP и т. д.



Рис. 1

Для устранения этих недочётов, выявленных в наборе команд Thumb, был создан модифицированный набор команд, получивший название Thumb-2. Впервые он был представлен в 2003 г. в ядре ARM1156. В нём устранены ограничения 16-разрядного набора Thumb путём расширения его 32-разрядными командами, что привело к переменной длине команд. Эти команды предназначены для повышения производительности ядра с одновременным уменьшением места, занимаемого в памяти. Старый набор команд Thumb был расширен операциями с битовыми полями, командами ветвления и условного выполнения.

Компания ARM представила на рынок семейство Cortex-M в 2004 г., когда было анонсировано первое ядро этого семейства Cortex-M3. В 2007 г. она представила ядро Cortex-M1, в 2009 г. — Cortex-M0, в 2010 г. — Cortex-M4, в 2012 г. — Cortex-M0+, в 2014 г. — Cortex-M7, в 2016 г. — Cortex-M23 и Cortex-M33.

Ядро Cortex-M предназначено для использования в микроконтроллерах, процессорах, ПЛИС, специализированных продуктах и системах на кристалле (SOC). На заре компьютерной эры были широко распространены восьмиразрядные микроконтроллеры, но техника и технология не стоят на месте, и теперь им на смену приходят 32-разрядные микроконтроллеры (как-то так получилось, что 16-разрядные микроконтроллеры не завоевали умы разработчиков, как восьмиразрядные).

Одно из них — семейство процессорных ядер семейства Cortex-M, позволяющее при той же цене получить наибольшую вычислительную мощность за счёт использования 32-разрядного ядра. Ядра этого семейства компания ARM позиционирует следующим образом:

— Cortex-M0, Cortex-M0+ и Cortex-M23 предназначены для приложений, требующих минимальных стоимости, энергопотребления и размеров кристалла;

— Cortex-M3, Cortex-M4 и Cortex-M33 предназначены для приложений, в которых производительность 32-разрядного ядра сбалансирована с энергопотреблением;

— Cortex-M7 используется для встраиваемых приложений, требующих высокой производительности.

В ядра Cortex-M23 и Cortex-M33 включена технология ARM TrustZone, обеспечивающая комплексную безопасность приложений. Cortex-M4, Cortex-M7 и Cortex-M33 могут иметь, кроме того, интегрированный процессор цифровой обработки сигналов (DSP), дающий возможность выполнять арифметические операции с плавающей запятой, что позволяет применять алгоритмы цифровой обработки сигналов различных датчиков. Это даёт возможность, например, более эффективно управлять асинхронным двигателем.

Теперь можно более подробно рассмотреть семейство Cortex-M.

Ядро Cortex-M0 (**рис. 1**) имеет кристалл небольшой площади, низкое энергопотребление, для него нужен код минимального размера. Процессор позволяет разработчикам достичь высокой производительности, характерной для 32-разрядного ядра.

Ультранизкое число используемых вентилей даёт возможность применять это ядро в устройствах, использующих аналоговую или смешанную обработку сигналов. Энергопотребление ядра M0, в зависимости от исполнения и решаемых задач, колеблется от 4 до 73 мВт/МГц. Скорость его работы — 0,84 DMIPS/МГц. Разработчики попытались получить законченное процессорное ядро. Поэтому в его состав включены все необходимые для этого

элементы: контроллер прерываний на 32 вектора, интерфейс периферийных устройств в виде 32-разрядной шины ASB-Lite, отладчик. При необходимости процессор может оснащаться контроллером "спящего" режима.

Основные особенности:

— архитектура ARMv6-M;
— набор инструкций Thumb/Thumb-2;
— трёхуровневый конвейер;
— битовые манипуляции;
— одно немаскируемое прерывание и от 1-го до 32-х физических прерываний;
— аппаратное одноцикловое умножение 32×32 разряда;
— в зависимости от производителя может быть доступен 24-разрядный таймер SysTick;
— для перехода в спящий режим имеются инструкции WFI или WFE;
— отладка возможна через JTAG или SWD.

Это ядро используют, например, микроконтроллеры Cypress PSoC 4, Cypress PSoC 4M, Cypress PSoC 4L; Infineon XMC1000; Nordic nRF51; NXP LPC1100, LPC1200; семейство nuvoTon NuMicro M0 Family; Sonix SN32F700; STMicroelectronics STM32F0; Toshiba TX00; Vorago VA10800 (экстремальная температура), VA10820 (радиационностойкие).

Рис. 2

Кроме этого, есть микроконтроллеры с двумя ядрами, одно из которых — Cortex-M0. Так фирма NXP создала микроконтроллер LPC4300 (одно ядро Cortex-M4F и одно Cortex-M0), фирма Texas Instruments — микроконтроллеры CC1310 и CC2650 (одно ядро Cortex-M3, одно Cortex-M0 и специальный процессор для датчика контроля двигателя).

Отечественные разработчики (ПКК "Миландр") тоже не отстают от зарубежных фирм и запустили в производство микроконтроллер 1986ВЕ4У1. Он работает на тактовой частоте до 36 МГц, содержит 128 Кбайт FLASH-памяти программ и 16 Кбайт ОЗУ. При этом имеет интервал рабочей температуры от −60 до +125 °С. Кроме того, разработаны микроконтроллеры К1986ВК234 и К1986ВК214 для трёхфазного счётчика электроэнергии.

Cortex-M0+ (**рис. 2**) — дальнейшее развитие ядра Cortex-M0 с целью снижения энергопотребления (3 мВт/МГц, что меньше, чем у младшего ядра семейства Cortex-M0) и повышения производительности до 0,94 DMIPS/МГц. Оно содержит одноцикловую систему ввода/вывода для ускоренного управления, микробуфер трассировки (MTB), используемый для отладки, и другие общие для семейства Cortex-M элементы, например блок защиты памяти (MPU).

Основные особенности Cortex-M0+:

— архитектура ARMv6-M;
— набор инструкций Thumb/Thumb-2;
— двухуровневый конвейер;
— защита памяти (8 регионов);
— одно немаскируемое прерывание и от 1-го до 32-х физических прерываний;
— для перехода в спящий режим имеются команды WFI и WFE;
— аппаратное одноцикловое умножение 32×32 разряда;
— отладка возможна через JTAG или SWD;
— дополнительно может присутствовать микробуфер трассировки (MTB).

Это ядро используют микроконтроллеры Atmel SAMD, SAMR, SAML, SAMC; Cypress PSoC 4S, FM0+; Holtek HT32F52xxx; NXP LPC800, LPC11E6x, LPC11U6x; Freescale Kinetis E, EA, L, M, V1, W0; Renesas Synergy S1; Silicon Labs EFM32 Zero, Happy; STMicroelectronics STM32L0.

Рис. 3

Ядро Cortex-M1 разработано специально для реализации в микросхемах FPGA. Его основные особенности:

— архитектура ARMv6-M;
— набор инструкций: Thumb/Thumb-2;
— трёхуровневый конвейер;
— аппаратный умножитель 32×32 разряда с 32-разрядным результатом;
— одно немаскируемое прерывание и от 1-го до 32-х физических прерываний;
— дополнительно может быть реализована сильно связанная память (TCM) объёмом от 0 до 1 Мбайт для команд и от 0 до 1 Мбайт для данных;
— отладка может отсутствовать, быть упрощённой или полной;
— порядок следования данных little-endian или BE-8 big-endian;
— поддержка операционной системы может присутствовать или нет.

Это ядро можно использовать, например, в FPGA Altera Cyclone-II, Cyclone-III, Stratix-II, Stratix-III; Microsemi (Actel) Fusion, IGLOO/e, ProASIC3L, ProASIC3/E; Xilinx Spartan-3, Virtex-2, Virtex-3, Virtex-4.

Cortex-M3 (**рис. 3**) — наиболее популярное у производителей и разработчиков микроконтроллеров ядро с архитектурой ARM. Это самое первое появившееся на рынке ядро семейства Cortex-M. Оно основано на архитектуре ARMv7-M и полностью реализует наборы команд Thumb и Thumb2. Производительность — 1,25 DMIPS/МГц. Энергопотребление примерно в два раза больше, чем у Cortex-M0. Основные особенности ядра Cortex-M3:

— гарвардская архитектура Armv7-M;
— набор инструкций Thumb/Thumb-2;
— трёхуровневый конвейер;
— защита памяти от 0 до 8 регионов;
— аппаратный умножитель 32×32 разряда с 32- или 64-разрядным результатом, знаковым или беззнаковым, со сложением или вычитанием после умножения;
— одно немаскируемое прерывание и от 1-го до 240 физических прерываний;
— от 8 до 256 уровней приоритетов прерываний;
— контроллер до 240 прерываний;
— для перехода в спящий режим имеются команды WFI и WFE;
— манипуляция битами;
— контроллер прямого доступа к памяти (DMA);



Рис. 4

— аппаратное деление (от 2 до 12 циклов);
— отладка через JTAG или SWD, имеется возможность трассировки отлаживаемого кода.

Это ядро используют, например, микроконтроллеры Actel SmartFusion, SmartFusion 2; Analog Devices ADuCM3xx; Atmel SAM3A, SAM3N, SAM3S, SAM3U, SAM3X; Cypress PSoC 5, 5LP, FM3; Holtek HT32F, NXP LPC1300, LPC1700, LPC1800; ON Semiconductor Q32M210; Realtek RTL8710; Silicon Labs Precision32, EFM32 Tiny, Gecko, Leopard, Giant; STMicroelectronics STM32F1, F2, L1, W; Texas Instruments F28, LM3, TMS470, OMAP 4, CC1310, CC2650; Toshiba TX03.

Отечественные разработки — микроконтроллеры 1986ВЕ92У, 1986ВЕ93У, К1986ВЕ92QI, 1986ВЕ94Т, 1986ВЕ91Т.

Некоторые компании используют Cortex-M3 как второе ядро. В Apple A9 это интегрированный сопроцессор движения M9, в CSR Quatro 5300 — сопро-

цессор, в Samsung Exynos 7420 — DVS микроконтроллер, в Texas Instruments F28, LM3, TMS470, OMAP 4470 содержится одно ядро Cortex-A9 и два ядра Cortex-M3, в MOS XS1-XA — семь ядер xCORE и одно ядро Cortex-M3. Компания Microsemi встроила ядро Cortex-M3 в свою FPGA SmartFusion2.

Ядро Cortex-M4 (**рис. 4**) разработано для управления устройствами, в которых необходима цифровая обработка сигнала. Можно считать, что это улучшенный вариант ядра Cortex-M3, оснащённый дополнительным модулем цифрового сигнального процессора (DSP). Производительность у него такая же, как и у Cortex-M3 — 1,25 DMIPS/МГц. Сочетает высокую эффективность обработки сигналов с низким энергопотреблением, невысокой ценой и простотой в использовании. В серии M4 есть ещё один вариант под обозначением Cortex-M4F. В нём дополнительно к DSP установлен блок операций над числами с плавающей запятой (FPU).

Основные особенности ядра Cortex-M4:

— гарвардская архитектура Armv7E-M;

— набор инструкций Thumb/Thumb-2;

— трёхуровневый конвейер с предсказанием ветвлений;

— команды цифровой обработки. Одноцикловые 16/32-разрядные MAC (умножение с накоплением), одноцикловые двойные 16-разрядные MAC, 8/16-разрядные SIMD (одна команда — много данных), аппаратное деление (от 2 до 12 циклов);

— аппаратный умножитель 32×32 разряда с 32- или 64-разрядным результатом, знаковым или беззнаковым, со сложением или вычитанием после умножения;

— по желанию дополнительно может быть поставлен блок обработки чисел с плавающей запятой одинарной точности, совместимый с IEEE 754, называемый FPv4-SP расширением;

— защита памяти от 0 до 8 регионов;

— одно немаскируемое прерывание и от 1-го до 240 физических прерываний;

— от 8 до 256 уровней приоритетов прерываний;

— для перехода в спящий режим имеются команды WFI и WFE;

— битовая манипуляция;

— отладка через JTAG или SWD, имеется возможность трассировки отлаживаемого кода.

Примеры микроконтроллеров, использующих ядро Cortex-M4: Analog Devices CM4xx Mixed-Signal Control Processors; Atmel SAM4L, SAM4N, SAM4S; Freescale Kinetis K, W2; Texas Instruments CC3200 и CC3200MOD.

Примеры микроконтроллеров, использующих ядро Cortex-M4F: Atmel SAM4C (два ядра), SAM4E, SAMG, SAM E5x, SAM D5x; Cypress PSoC6, FM4; Infineon XMC4000; Microchip CEC1302; Nordic nRF52; NXP LPC4000, LPC4300 (одно ядро Cortex-M4F и одно Cortex-M0); Freescale Kinetis K, V3, V4; Renesas Synergy S3, S5, S7; Silicon Labs EFM32 Wonder; STMicroelectronics STM32 F3, F4, L4; Texas Instruments LM4F, TM4C, MSP432; Toshiba TX04; отечественная разработка 1986ВЕ8Т.

Примеры микроконтроллеров, использующих Cortex-M4 как второе ядро: Freescale Vybrid VF6 (одно ядро Cortex-A5 и одно Cortex-M4F); Freescale i.MX 6 SoloX (одно ядро Cortex-A9 и одно Cortex-M4F); Freescale i.MX 7 Solo/Dual (одно или два ядра Cortex-A7 и одно Cortex-M4F); Texas Instruments OMAP 5 (два ядра Cortex-A15s, два Cortex-M4); Texas Instruments Sitara AM57xx (одно или два ядра Cortex-A15s и два Cortex-M4s как модуль обработки изображений и два ядра Cortex-M4s блока общего назначения).

Cortex-M23 (**рис. 5**) — это относительно новое ядро на основе архитектуры Дж. фон Неймана Armv8-M, представленное в 2016 г. Идейно это ядро похоже на Cortex-M0+ с дополнительными функциями безопасности TrustZone. Ядро Cortex-M23 имеет двухуровневый конвейер, поддерживающий базовый набор команд Armv8-M. Он предназначен для приложений, где ключевое требование — безопасность. TrustZone для Armv8-M обеспечивает аппаратную принудительную изоляцию между доверенными и ненадёжными ресурсами устройства Cortex-M23, сохраняя при этом эффективную обработку исключений и детерминизм

Рис. 5

(переход из основной задачи на обработку прерывания за минимально возможное и, самое главное, определённое заранее время). Это было отличительной чертой всех процессоров с ядром Cortex-M.

В совокупности с низким энергопотреблением доверенное выполнение даже на самых маленьких, маломощных и ограниченных по возможностям встроенных устройствах обеспечивает безопасность IoT.

Основные особенности ядра Cortex-M23:

— архитектура Дж. фон Неймана Armv8-M;

— набор инструкций Thumb/Thumb-2;

— двухуровневый конвейер;

— технология защиты TrustZone;

— дополнительно может быть оснащён блоком защиты памяти (MPU) на 0, 4, 8, 12 или 16 регионов;

— дополнительно может быть поставлен блок задания атрибутов безопасности (SAU) на 0, 4 или 8 регионов;

— одно немаскируемое прерывание и до 240 физических прерываний с четырьмя уровнями приоритетов;

— аппаратное одноцикловое умножение и деление 32×32 разряда;

— отладка через JTAG или SWD;

— дополнительно может быть поставлен микробуфер трассировки (MTB) или встраиваемая макроячейка трассировки (ETM).

Микроконтроллер Nuvoton M2351 остаётся пока единственным с ядром Cortex-M23, хотя другие производители активно работают в этом направлении.

Ядро Cortex-M33 (**рис. 6**) также было представлено в 2016 г. Оно основано на той же архитектуре, что и Cortex-M23. Но идейно оно похоже на ядро Cortex-M4, что позволяет сочетать повышенную производительность (приблизительно на 20 % больше, чем у ядер Cortex-M3 и Cortex-M4) с обеспечением безопасности приложений. TrustZone для Armv8-M обеспечивает безопасность, а дополнительные узлы, такие как DSP, интерфейс сопроцессора, блок защиты памяти и блок плавающей запятой, значительно расширяют сферу его применения.



Рис. 6

Основные особенности ядра Cortex-M33:

— архитектура Дж. фон Неймана Armv8-M;

— набор инструкций Thumb/Thumb-2;

— трёхуровневый конвейер;

— технология защиты TrustZone;

— аппаратный целочисленный 32-разрядный делитель;

— регистр ограничения стека;

— дополнительные DSP/SIMD команды, одноцикловые 16/32-разрядные MAC, одноцикловые двойные 16-разрядные MAC, 8/16-разрядная SIMD арифметика;

— блок FPU одинарной точности с плавающей запятой, совместимый с IEEE 754;

— дополнительно может быть поставлен блок защиты памяти (MPU) на 0, 4, 8, 12 или 16 регионов;

— дополнительно может быть поставлен блок задания атрибутов безопасности (SAU) на 0, 4 или 8 регионов;

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

— немаскируемые прерывания и до 480 физических прерываний от 8 до 256 уровней приоритета;

— отладка через JTAG или SWD;

— дополнительно может быть поставлены микробуфер трассировки (MTB) или встраиваемая макроячейка трассировки (ETM), трассировка данных (DWT) и инструментальная трассировка (ITM).

Примером использования ядра Cortex-M33 может быть микроконтроллер Nordic nRF91, вероятно, и другие производители в ближайшем будущем выпустят свои варианты данного ядра.

Ядро Cortex-M7 (**рис. 7**) — самое сложное из семейства Cortex-M. Оно позволяет создавать самые совершенные микроконтроллеры и системы на кристалле (SOC). По сравнению с предыдущими вариантами изменена ширина шины данных и команд с 32 до 64 разрядов, что позволило значительно повысить производительность ядра. Ядро Cortex-M7 основано на простой и лёгкой в использовании архитектуре Armv7-M, позволяя использовать его в самых разных отраслях — автомобильной и другой промышленности, обработке аудио- и медиаданных, Интернете вещей (IoT).

Основные особенности этого ядра:

— гарвардская архитектура Armv7-M;

— шестиуровневый суперскалярный конвейер с предсказанием ветвлений;

— набор инструкций Thumb/Thumb-2;

— одноцикловые 16/32-разрядные команды MAC, одноцикловые двойные 16-разрядные команды MAC, 8/16-разрядная SIMD арифметика, аппаратное 32-разрядное деление занимает от 2 до 12 циклов;

— аппаратный умножитель 32×32 разряда с 32- или 64-разрядным результатом, знаковым или беззнаковым сложением или вычитанием после умножения;

— 64-разрядная AMBA4 AXI, AHB шина;

— немаскируемые прерывания и от 1-го до 240 физических прерываний, имеющих от 8 до 256 уровней приоритета;



Рис. 7

— отладка с интегрированными командами через JTAG или SWD.

Дополнительно может быть использовано следующее:

— блок обработки чисел с плавающей запятой одинарной и двойной точности, совместимый с IEEE 754 и называемый FPv5 расширением;

— кэш инструкций объёмом от 0 до 64 Кбайт с двухуровневой ассоциативной ECC;

— кэш данных объёмом от 0 до 64 Кбайт с четырёхуровневой ассоциативной ECC;

— инструкции TCM от 0 до 16 Мбайт с ECC;

— данные TCM от 0 до 16 Мб с ECC;

— защита памяти на 8 или 16 зон;

— микробуфер трассировки (MTB) или встраиваемую макроячейку трассировки (ETM), трассировку данных (DWT) и инструментальную трассировку (ITM).

Примеры микроконтроллеров, использующих ядро Cortex-M7: Atmel SAME70, SAMS70, SAMV70; Freescale Kinetis KV5xi.MX RT; STMicroelectronics STM32F7, STM32H7.

По материалам ***https://www.arm.com/*** *(13.04.2018),* ***https://www.arm.com/products/processors/cortex-m*** *(13.04.2018),* ***https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_Cortex-M*** *(13.04.2018),* ***https://ru.wikipedia.org/wiki/ARM_(архитектура)*** *(13.04.2018).*

Задержка включения ламп накаливания

А. БАХАРЕВ, г. Вяземский Хабаровского края

В подвале дома нашего ТСЖ для освещения применены лампы накаливания мощностью 25 Вт на напряжение 12 В (железнодорожные лампы для светофоров). Всего их 20 шт., они соединены последовательно и подключены к сети 230 В. Это, конечно, не совсем правильно, но так уж сделано. Как правило, в подвалах домов сыро и холодно, и при таких условиях нить накала ламп при подаче на неё полного напряжения чаще перегорает. В такой ситуации выход из строя даже одной лампы приводит к отключению всего освещения. Поиск и замена неисправной лампы оказываются непростой задачей, поскольку они соединены последовательно и их много.

Чтобы повысить надёжность работы такой системы освещения, было разработано устройство, которое в течение нескольких секунд после включения освещения подаёт на лампы пониженное напряжение. За это время нить накала каждой лампы успеет прогреться, тем самым уменьшится пусковой ток, что предотвратит их преждевременный выход из строя. После этого на лампы будет подано полное напряжение сети.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Оно представляет собой реле времени, собранное на логической микросхеме DD1, транзисторе VT1 и электромагнитном реле K1. Сразу после включения контакты K1.1 реле разомкнуты, и на нагрузку (лампы накаливания) через токоограничивающий резистор R1 поступает пониженное напряжение. Начинается зарядка конденсатора C1, на входах элемента DD1.1 будет высокий уровень напряжения, а на выходе элемента DD1.2 — также высокий, поэтому транзистор VT1 закрыт и реле K1 обесточено. Через несколько секунд конденсатор C1 зарядится, уровень на входах элемента DD1.1 и выходе элемента DD1.2 сменится на низкий, транзистор VT1 откроется и реле замкнёт своими контактами K1.1 резистор R1, в результате чего на нагрузку поступит всё напряжение сети. После выключения освещения устройство быстро вернётся в своё первоначальное состояние.

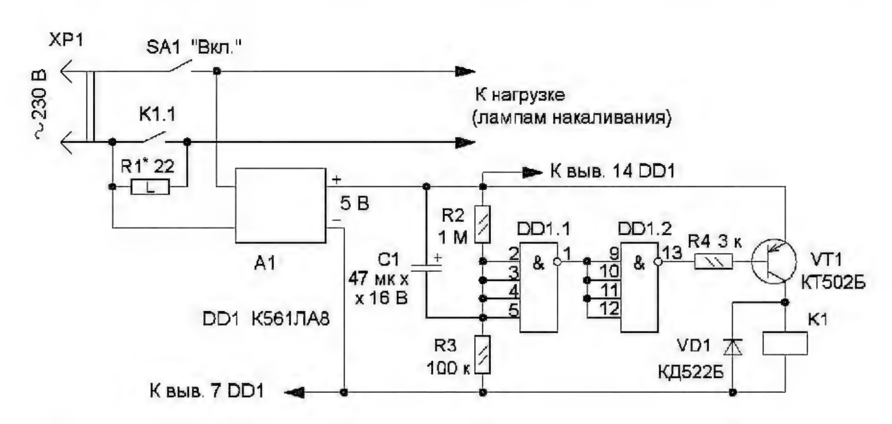


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

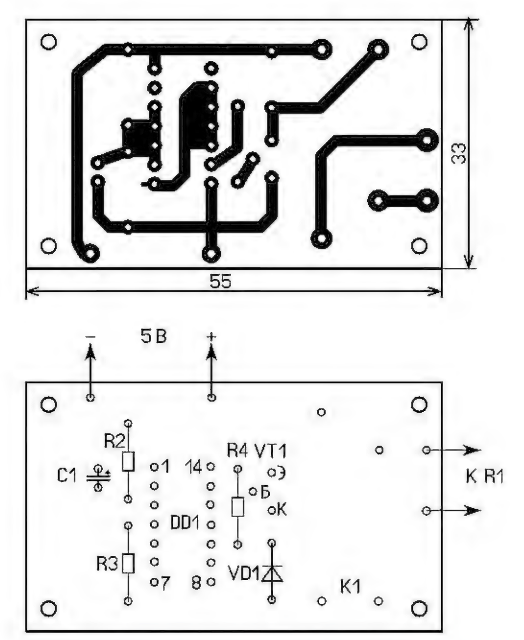


Рис. 2

Большинство деталей смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы показан на **рис. 2**.

Резистор R1 — постоянный ПЭВ-50, ПЭВ-75 или импортный АН-50, можно применить переменный ПЭВР-50 или ПЭВР-75, это позволит проводить регулировку сопротивления, остальные резисторы — МЛТ, С2-23, конденсатор — импортный. Применено реле MZPR1A-100-41 с номинальным напряжением обмотки 5 В. Можно применить другое, на такое же напряжение, с сопротивлением обмотки не менее 80 Ом и контактами, рассчитанными на коммутацию тока не менее 5 А при напряжении 230 В. Подойдёт, например, JN1aSN-DC5V-F, но топологию платы придётся скорректировать.

В качестве блока питания можно применить зарядное устройство от сотового телефона. Чтобы повысить надёжность работы такого блока питания в условиях повышенной влажности, его желательно разобрать и покрыть плату влагостойким лаком, а после просушки собрать. Для питания устройства можно применить стабилизированный источник питания напряжением 9...12 В, в этом случае обмотка реле должна быть рассчитана на это напряжение.

Налаживание сводится к подборке резистора R1, чтобы сразу после включения освещения лампы светились вполнакала. Его сопротивление зависит от суммарной мощности нагрузки. После проверки работоспособности и налаживания, плату устройства надо покрыть влагостойким лаком и вместе с токоограничивающим резистором R1 разместить в герметичном корпусе.

***От редакции**. Чертёж печатной платы в формате Srint-Layout имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/time.zip** на нашем FTP-сервере.*

Таймер для нагревательных приборов

А. ЕКИМОВ, с. Омутинское Тюменской обл.

Некоторые электрические нагревательные приборы, например, простейшие плитки или самовары, не снабжены терморегулятором или термозащитой и после включения могут работать без остановки. Поэтому такие нагревательные приборы требуют постоянного контроля, а при его отсутствии могут быть причиной пожара. Печальным примером может быть случай с моей родственницей, которая оставила дома включённую электроплитку и ушла в магазин. В результате дом тушили всем селом. Да и мне пришлось выкинуть немало самоваров и электрических плиток, вышедших из строя из-за собственной забывчивости. Бывает, включу чайник на плитке и сяду за компьютер, забыв про это. Хорошо, что пожаров не было, но немало электроэнергии было израсходовано бесполезно!

Защитить от таких неприятностей поможет простой таймер, который выключит нагревательный прибор через определённое время. Естественно, что время выдержки таймера должно превышать время необходимого нагрева. Поэтому такой таймер должен быть регулируемым. Его основой может быть механическое реле времени, которыми снабжают различную бытовую технику: простые стиральные машины, СВЧ-печи, пароварки и т. п. Некоторые такие реле времени по окончании выдержки подают звуковой сигнал, но он обычно короткий и негромкий. Поэтому предлагаемое устройство снабжено своим акустическим сигнализатором.

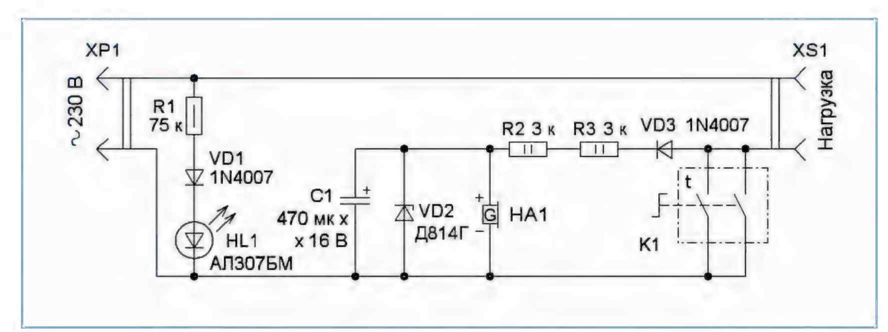


Схема таймера показана на **рисунке**. При подключении к сети станет светить светодиод HL1, резистор R1 ограничивает ток через него, а диод VD1 выпрямляет переменное напряжение. В исходном состоянии напряжение сети на нагрузку не поступает. После взведения механического реле времени K1 и установки желаемого времени задержки его контакты замкнутся и начнётся отсчёт времени. Затем включают подключённый к розетке XS1 нагревательный прибор, например плитку.

По окончании времени выдержки контакты реле времени размыкаются, и нагрузка отключается от сети 230 В. Но через неё будет продолжать протекать ток, ограниченный резисторами R2 и R3. Этот ток выпрямляет диод VD3, выпрямленное напряжение стабилизирует стабилитрон VD2, а пульсации сглаживает конденсатор C1. Выпрямленным напряжением питается акустический сигнализатор HA1 со встроенным генератором, который напомнит вам, что пора бежать на кухню! После выключения плитки звуковой сигнал также выключится.

В устройстве можно применить резисторы МЛТ, С2-23, оксидный конденсатор К50-35 или импортный, диоды — любые маломощные выпрямительные, выдерживающие прямой ток до 50 мА и обратное напряжение не менее 400 В. Акустический сигнализатор HA1 — со встроенным генератором и номинальным напряжением питания 10...12 В. Я применил пьезокерамический сигнализатор от старого компьютера. Механическое реле времени применено от стиральной машины или от другого прибора. Если оно имеет несколько контактов на замыкание, их надо включить параллельно.

Может возникнуть желание установить все элементы таймера внутри электрической плитки, но делать этого не советую. Температура внутри корпуса плитки не позволит таймеру долго и надёжно работать, к тому же это будет нарушением конструкции самой плитки, что производителями не приветст-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

вуется. Для таймера желательно применить металлический корпус, который будет одновременно выполнять функцию теплоизолирующей подставки. Он должен быть защищён от протекания жидкости, которая может появиться в результате нагрева, например, кастрюли с водой. Подходящим оказался металлический корпус ящика от набора слесарных инструментов. На передней стенке корпуса таймера устанавливают реле времени со шкалой и светодиод, на задней — крепят розетку и делают отверстие для сетевого кабеля, который должен быть рассчитан на ток, потребляемый нагревательным прибором. Печатная плата для устройства не разрабатывалась, применён навесной монтаж с изоляцией элементов с помощью трубки из стекловолокна.

Может потребоваться подбор резисторов R2 и R3 по сопротивлению и допустимой рассеиваемой мощности для обеспечения тока, потребляемого акустическим излучателем.

Устройство управления включением лампы накаливания

Б. БАЛАЕВ, г. Нальчик, Кабардино-Балкария

Хотя повсеместно взят курс на отказ от ламп накаливания, в продаже всё ещё можно найти такие лампы разной мощности. Да и споры о "вредности" альтернативных — светодиодных и люминесцентных — источников света не утихают. Поэтому актуальность устройств, увеличивающих срок службы ламп накаливания, хотя и стала меньше, но не пропала совсем.

В Интернете и радиолюбительской литературе можно найти множество описаний устройств плавного включения ламп накаливания. Но они, как правило, несовершенны в силу того, что просто затягивают процесс включения, не контролируя текущий через лампу в течение этого процесса ток. Он априори считается сниженным до безопасного уровня. Это приводит либо к недостаточной защите, либо к чрезмерной задержке достижения полной яркости свечения.

Основные технические характеристики

Напряжение сети, В . . . . .180...250
Мощность лампы, Вт . . . . .15...150
Дополнительное увеличение продолжительности включения, с .0...4

Схема устройства представлена на **рис. 1**. Напряжение сети 230 В через плавкую вставку FU1 поступает на диодный мост VD1—VD4, а с него в

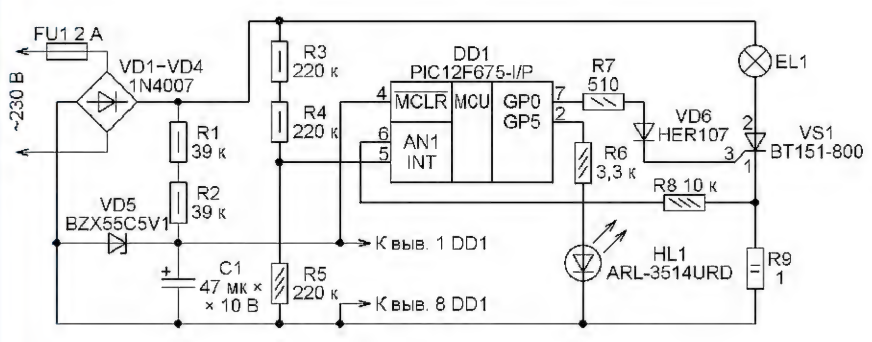


Рис. 1

Предлагаемое устройство в процессе включения лампы контролирует среднеквадратичное значение текущего через неё тока и не допускает превышения его номинального значения. Устройство корректно работает с лампами мощностью от 15 до 150 Вт. При необходимости оно может наращивать яркость свечения лампы медленнее, чем это необходимо для ограничения тока, что выглядит как "плавное" включение.

Ток через лампу устройство регулирует в каждом полупериоде сетевого напряжения изменением угла включения тринистора, через который она питается. Для каждого фиксированного угла включения заранее вычислены и занесены в массив коэффициенты, с помощью которых программа микроконтроллера легко вычисляет среднеквадратичное значение тока через лампу по его значению, измеренному сразу после открывания тринистора. Угол открывания программа изменяет так, чтобы ток не превышал номинального значения более чем на 30 % в течение всего процесса включения лампы.

виде пульсирующего положительного напряжения — на остальные узлы устройства. На лампу накаливания EL1 это напряжение подано через тринистор VS1, которым управляет сигнал с выхода GP0 микроконтроллера DD1.

Резистор R9 — датчик тока через лампу. Падающее на нём напряжение поступает на вход AN1 микроконтроллера, служащий входом его АЦП. На вход INT микроконтроллера подана с резистивного делителя R3—R5 часть выпрямленного мостом VD1—VD4 напряжения. Это приводит к формированию запросов прерывания программы в начале каждого полупериода сетевого напряжения, когда выпрямленное напряжение достигает 9...10 В. Поэтому обработка прерывания начинается с задержкой приблизительно на 50 мкс относительно момента перехода мгновенного значения сетевого напряжения через ноль.

Светодиод HL1 сигнализирует о перегрузке, если мощность лампы EL1 более 200 Вт. При этом лампа отключается от сети. Выйти из этого состоя-

ния можно лишь выключением и повторным включением сетевого напряжения, питающего устройство и лампу.

ется до 8,5 мс, затем до 8 мс и так далее до нуля.

При каждом открывании тринистора программа измеряет текущий через лампу EL1 ток и вычисляет его среднеквадратичное значение. Необходимое условие уменьшения задержки в следующем полупериоде — среднеквадратичное значение тока в текущем полупериоде меньше номинального. Полное включение лампы обычно происходит приблизительно за 0,4 с. Имеется возможность добавить в каждом полупериоде дополнительно от 0 до 400 мс, что затягивает процесс включения лампы максимум на 4 с.

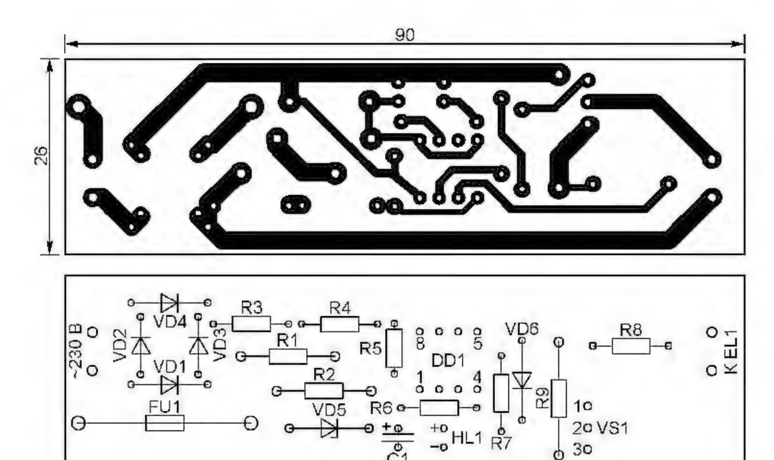


Рис. 2

Микроконтроллер DD1 питается напряжением около 5 В от параметрического стабилизатора R1R2VD5. Диод VD6 защищает управляющий электрод тринистора от обратного напряжения. Резистор R8 ограничивает ток входа AN1 микроконтроллера при обрыве резистора R9, что возможно при коротком замыкании в лампе EL1, нередко сопровождающем её перегорание. Для надёжности защиты сопротивление резистора R8 (10 кОм) выбрано значительно большим рекомендованного производителем микроконтроллера (2,5 кОм), что может привести к дополнительной ошибке результата работы АЦП не более чем на единицу младшего разряда. В данном случае это вполне допустимо.



Рис. 3

Микроконтроллер тактируется от внутреннего генератора частотой 4 МГц. В программе предусмотрена обработка двух прерываний. Во внешнем прерывании INT фиксируется начало каждого нового полупериода сетевого напряжения. Прерывания по переполнению от таймера TMR0, которые следуют с периодом 500 мкс, используются для отсчёта интервалов времени.

Первоначально импульс включения тринистора длительностью 200 мкс программа формирует спустя 9 мс с момента перехода сетевого напряжения через ноль, что соответствует приложенному к лампе напряжению не более 5 % номинального. В следующих полупериодах задержка уменьшается до 8,5 мс...

Для введения дополнительной задержки или перехода к её следующему по кругу значению (0, 1, 2, 3 или 4 с) достаточно выключить прибор менее чем через 5 с после включения. При последующем включении питания будет автоматически принято её очередное значение.

Через 6 с после включения происходят измерение и запись в память микроконтроллера значения тока лампы EL1, принимаемого за номинальное. Поэтому после замены лампы на более или менее мощную первое её включение может оказаться некорректным, поскольку используется старое значение номинального тока. Необходимо подождать не менее 10 с и выключить прибор. Значение будет обновлено, и последующие включения станут выполняться корректно.

Устройство собрано на печатной плате размерами 90×26 мм из стеклотекстолита с односторонней металлизацией. Её чертёж и схема расположения деталей показаны на **рис. 2**, а внешний вид изготовленной платы — на **рис. 3**.

Для микроконтроллера DD1 на плате установлена панель. Для подключения к сети и лампе накаливания применены зажимные двухконтактные винтовые колодки с шагом контактов 5 мм.

Тринистор BT151-800 можно заменить на BT151-600 или BT151-500. Отечественные тринисторы серии КУ202 не подойдут из-за слишком больших значений управляющего тока включения и тока удержания. Вместо диодов 1N4007 пригодны любые выпрямительные диоды с допустимыми выпрямленным током не менее 1 А и обратным напряжением не менее 400 В. Удобно заменить все четыре диода готовым мостом 2W08G. Стабилитрон BZX55C5V1 может быть заменён любым маломощным с напряжением стабилизации 5,1 В. Замена диода HER107 — выпрямительный диод с быстрым восстановлением и обратным напряжением не менее 400 В, например FR105—FR107.

Ёмкость конденсатора C1 не следует чрезмерно увеличивать, поскольку из-за медленного нарастания питающего напряжения микроконтроллер может не стартовать. Никакого налаживания устройство не требует.

Программа микроконтроллера написана на языке C и откомпилирована в среде MikroC. Чтобы программа правильно выдерживала необходимые интервалы времени, перед её загрузкой в микроконтроллер следует позаботиться о сохранении записанной в последней ячейке его программной памяти калибровочной константы встроенного тактового RC-генератора.

Она имеет вид 0x34XX, где XX — собственно значение константы. Её нужно прочитать с помощью программатора из микроконтроллера до стирания старого содержимого его программной памяти, а после загрузки в буфер программатора кодов из файла lamp.hex вручную записать прочитанную константу в этот буфер на старое место. Только после этого можно начинать запись кодов из буфера в микроконтроллер. Некоторые программаторы, например PicKit, делают всё это автоматически. Если константа всё-таки утеряна, программа обнаружит это и применит её среднее значение 0x80. При этом тактовая частота может быть установлена с довольно значительной погрешностью.

***От редакции**. Файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 и программа микроконтроллера находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/LAMP.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

ТКАЧУК М. Автоматическая водокачка. — Радио, 2018, № 2, с. 33—36.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы и расположение элементов объединённого блока без дистанционного управления насосом (см. рис. 6 в статье) приведены на **рис. 1**. На плате установлены все элементы, кроме закреплённых на корпусе блока разъёмов XP2 и XS1, выключателя SA1, сетевого блока питания U1, плавкой вставки FU1, реле K1 и элементов HL1, C6, R3, R6. При разводке оказалось целесообразным элементы HL2 и R7 поменять местами. Транзистор SF128D заменим BC141, BC300, BSW39, 2N1889 или отечественными из серий КТ630, КТ815. Для последних с целью удобства монтажа на плате предусмотрены дополнительные контактные площадки под выводы базы и эмиттера.

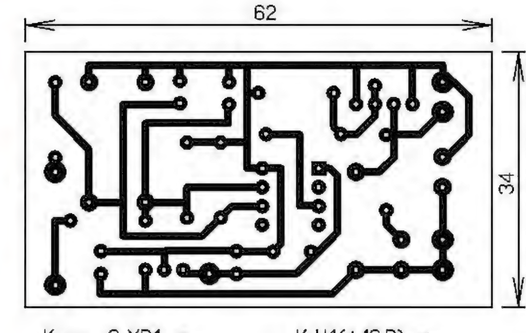
***От редакции**. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/vodokach.zip** на нашем FTP-сервере.*

ЛУБЕГИН В. Контроль исправности сигнальных ламп. — Радио, 2018, № 2, с. 45.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы устройства контроля, схема которого приведена на рис. 2 статьи, и расположение элементов, кроме ламп накаливания EL1, EL2 и выключателя SA1, приведены на **рис. 2**. Для увеличения напряжений на лампах накаливания следует применить диоды VD1, VD2 с барьером Шотки и максимальным прямым током не менее 8 А, например типа SR860. На плате для установки диодов в корпусах DO-201AD, TO-220A, TO-220AB и подобных предусмотрены соответствующие корпусам контактные площадки под выводы катода и анода, а также места для теплоотводов (в случае необходимости), выделенные штриховыми линиями. При разводке оказалось целесообразным в цепях HL1R3 и HL2R6 элементы поменять местами.

***От редакции**. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/contstop.zip** на нашем FTP-сервере.*



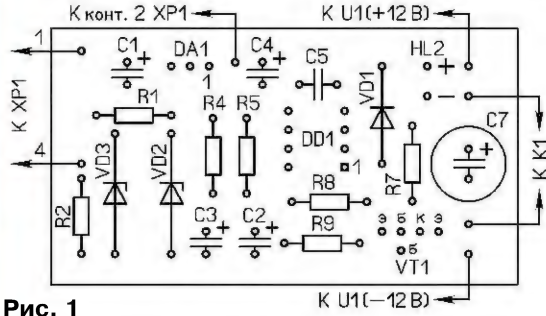


Рис. 1

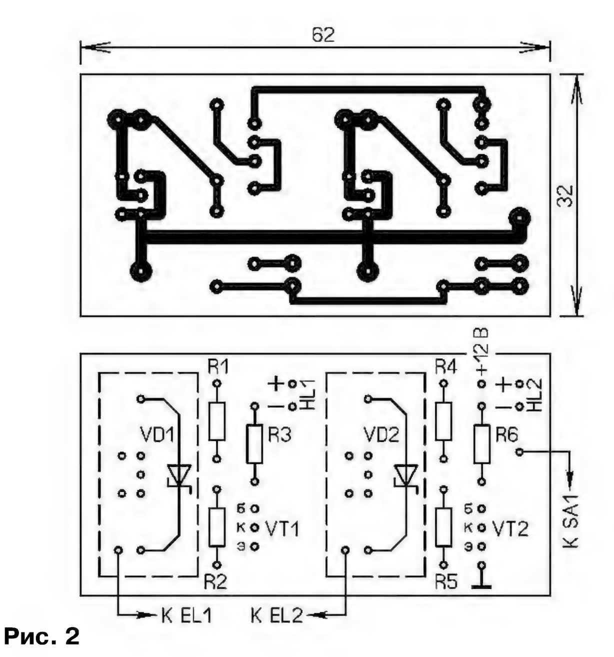


Рис. 2

МОРОЗ К. Сетевой пробник. — Радио, 2018, № 3, с. 29, 30.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы пробника и расположение элементов, кроме щупов X1, X2, приведены на **рис. 3**. Тактовая кнопка SB1 — серии KLS7-TS6601.

***От редакции**. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/prob.zip** на нашем FTP-сервере.*

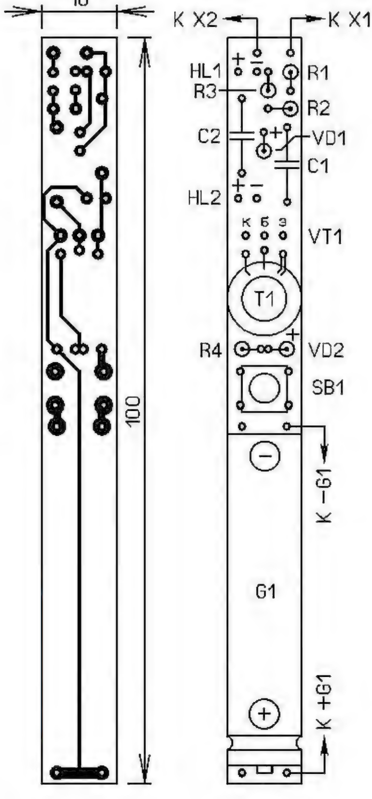


Рис. 3

ГЛИБИН С. Питание мультиметра M-832 от двух аккумуляторов. — Радио, 2014, № 6, с. 21, 22.

Печатная плата.

Файлы печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2014/06/2akk_m-832.zip** на нашем FTP-сервере.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

НЕЧАЕВ И. Конвертер диапазона 118...137 МГц с плавным гетеродином. — Радио, 2018, № 4, с. 16—18.

Транзистор VT1.

На схеме (рис. 1 в статье) неправильно указан тип транзистора VT1 (КТ3132Б-2). Применён транзистор КТ3123Б-2.

62RW — будущий известный учёный

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

*Историческая справка [1]: **Александр Андреевич Расплетин** (1908—1967) — выдающийся учёный в области радиотехники, телевидения и радиолокации, первый Генеральный конструктор в отечественной радиопромышленности, основоположник научно-технического направления по созданию управляемого ракетного оружия ПВО, академик, Герой Социалистического труда, Лауреат Государственной, Ленинской и Сталинской премий.*



Александр Андреевич Расплетин (60-е годы).

Об Александре Андреевиче Расплетине написано много книг и статей, в том числе в журнале "Радио"



QSL А. А. Расплетина.

[2—5]. Однако мало кто знает, что Александр Андреевич был радиолюбителем.

А. А. Расплетин родился 23 августа 1908 г. в г. Рыбинске. В школе он увлёкся радиоделом и начал заниматься в радиокружке. В 1927 г. Александр Андреевич получил позывной наблюдателя RK-46 (г. Рыбинск, ул. Ломоносова, 25—1), а в 1927—1928 гг. — позывной 62RW [6].

В декабре 1928 г. становится как eu2DQ (позже в Урицке — eu3FC), 25—29 декабря 1928 г. был в составе делегации "eu2" на 1-й Всесоюзной конференции коротковолновиков.

В 1930 г. по приглашению своего друга Фёдора Абрамовича Гаухмана (eu3DE; ранее в Рыбинске — RK-1, 93RB, eu2DF; в 1933—1941 гг. в Ленинграде — U1BP) Александр Андреевич переезжает в Ленинград и поступает на работу радиомехаником кварцевой лаборатории



Актив Секции коротких волн Рыбинска (eu2DQ сидит, на переднем плане), 1929 г.



"Шэк" eu2DQ.

при Радиозаводе им. Коминтерна. В том же году начинает учиться на вечернем отделении Электрослаботочного техникума. Учёба и работа по применению кварцевых резонаторов его полностью захватывают, и, скорее всего, из-за недостатка времени его радиолюбительская деятельность заканчивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. БСЭ, третье изд. – М.: Советская экциклопедия, 1977, т. 21, с. 468.

2. **Мишенков С.** Грани "Алмаза". — Радио, 2006, № 2, с. 4—7; № 3, с. 4—6.

3. **Сухарев Е.** Участие А. А. Расплетина в выпуске радиостанции "Север". — Радио, 2008, № 8, с. 6, 7.

4. **Ашурбейли И. Р., Сухарев Е. М.** Александр Андреевич Расплетин и его ближайшее окружение. — М.: Издательский дом "Кодекс", 2013.

5. **Мишенков С.** Расплетин. — Радио, 2015, № 8, с. 28, 29.

6. **Члиянц Г. (UY5XE), Степанов Б. (RU3AX).** Листая старые "Call Book" и не только... (1925—1941). — Львов: "СПОЛОМ", 2008. — 304 с.

Высокочастотный генератор шума в разъёме

Иван ШОР (RA3WDK), г. Курск

Нередко для проверки работоспособности трансивера или фидерной системы, к примеру, от антенного коммутатора у антенны до трансивера, требуется простой и компактный источник радиочастотного сигнала с известной амплитудой. Радиолюбители давно для этих целей используют различные генераторы синусоидальных сигналов (маячки) или генераторы шума (ГШ), причём последние оказываются удобнее ввиду того, что не требуют точной установки частоты и работают во всём диапазоне КВ и даже УКВ.

Известно, что обратносмещённый переход n-p-n транзистора способен генерировать белый шум, амплитуда которого достаточно стабильна в диапазоне КВ и имеет небольшой спад в диапазоне УКВ. В зависимости от типа транзистора, а значит, и параметров p-n перехода, напряжение и оптимальный ток на обратносмещённом переходе могут быть разные. Чтобы при изменении питающего напряжения или при изменении окружающей температуры амплитуда шума оставалась постоянной, важно стабилизировать ток через переход.

Для обратносмещённого перехода у нескольких типов распространённых n-p-n транзисторов опытным путём было установлено, что при токе через p-n переход от 50 до 200 мкА мощность генерируемого шума в диапазоне частот 1...30 МГц составляла –75...–95 дБмВт на нагрузке 50 Ом в полосе 10 кГц. Напряжение питания при этом на p-n переходе могло быть от 8 В и выше. И только некоторые экземпляры транзисторов BFR92 при обратном напряжении чуть более 5 В на p-n переходе начинали генерировать шум.

На **рис. 1** и **рис. 2** представлены измеренные зависимости генерируемой мощности шума от частоты в диапазоне КВ двух исследуемых автором транзисторов (маркерами выделены частоты любительских диапазонов).

Сравнив эти графики, полученные с помощью анализатора спектра, с **таблицей** стандарта калибровки S-метра любительской аппаратуры, который был принят на конференции 1-го района Международного союза радиолюбителей (IARU) в 1978 г., легко заметить, что возможно изготовить генератор шума с перепадом мощности в пределах КВ любительских диапазонов в 1...1,5 балла по шкале S-метра.



Рис. 1



Рис. 2

частот. Чтобы стабилизировать параметры выходного сигнала, был применён стабилизатор тока, выполненный по известной схеме на транзисторах VT1, VT2, с использованием напряжения $U_{бэ}$ транзистора VT1 в качестве образцового. Ток, вытекающий из коллектора транзистора VT2, поступает на p-n переход транзистора VT3. Выходной ток такого стабилизатора определяется сопротивлением резистора R1 и не зависит от питающего напряжения батареи.

Диод VD1 служит для защиты от переполюсовки питания, он размещён на колодке питания для присоединения батареи. Колодку можно изготовить из отслужившей свой срок подобной батареи. Внутреннее сопротивление батареи "Крона" — не менее 30 Ом, и ток короткого замыкания такой батареи будет не более 300 мА. Конечно, такой режим очень неблагоприятен для батареи, но он может быть только кратковременный (при случайном прикосновении колодки питания к батарее), так как колодка питания механически может быть установлена на батарее только в корректное положение.

Генератор собран на печатной плате (**рис. 4**) размерами 18,5×8,5 мм из

Шкала S-метра	Уровень мощности, дБмВт	
	КВ	УКВ
S9	-73	-93
S8	-79	-99
S7	-85	-105
S6	-91	-111
S5	-97	-117
S4	-103	-123
S3	-109	-129
S2	-115	-135
S1	-121	-141

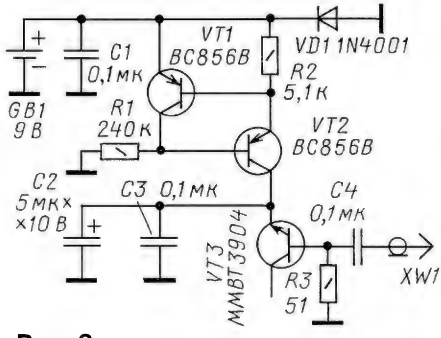
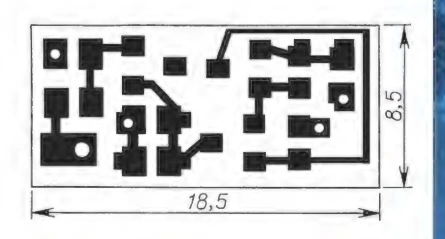


Рис. 3



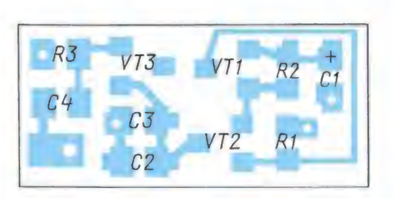
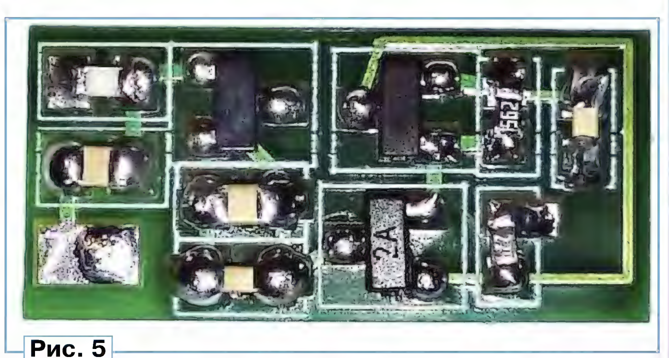


Рис. 4

Последующие эксперименты показали, что оптимальным средним уровнем мощности генератора шума может быть уровень −85 дБмВт. При этом в диапазоне 160 метров S-метр трансивера зафиксирует сигнал уровнем 7...8 баллов, что соответствует выходной мощности ГШ −80...−82 дБмВт, а на 28 МГц показания S-метра составят 6 баллов при мощности −92...−94 дБмВт. Такая мощность шума позволит и оценить работу S-метра, и имеет достаточный запас для тестирования делителей сигнала, фидерных линий, ВЧ-трансформаторов и поиска неисправностей.

В диапазоне УКВ уровень мощности шума на выходе генератора спадает по экспоненциальному закону. Но так как градуировки S-метра в диапазонах КВ и УКВ по решению IARU отличаются, что видно из значений таблицы, уровень мощности −100 дБмВт на выходе ГШ "отклонит" стрелку S-метра УКВ-трансивера (144 МГц) на 8 баллов.

Схема генератора шума приведена на **рис. 3**. Собственно генератором служит обратносмещённый p-n переход (база—эмиттер) транзистора VT3. Конденсаторы C2—C4 и резистор R3 обеспечивают генерацию шума в широкой полосе частот. Особенно важно качество конденсатора C4 и резистора R3 — они должны иметь минимальную собственную индуктивность.


Рис. 5

Питается ГШ от батареи "Крона". Микромощный по потреблению генератор способен работать при снижении её напряжения до 8,5 В. Во время исследования поведения обратносмещённого перехода в границах оптимальной генерации шума оказалось, что при напряжении на переходе от 7 до 10 В ток, протекающий через переход, меняется от нуля до сотен микроампер, а вместе с ним меняется как мощность шума, так и его неравномерность в диапазоне фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. Одна сторона платы используется как общий провод. Малые размеры платы позволяют её разместить внутри разъёма PL-259, предназначенного для монтажа коаксиального кабеля RG-213

(модели U-111B, U-113B, U-122B) или LMR-400. Также подойдёт любой ВЧ-разъём для кабеля диаметром 10...12 мм.

Все детали в устройстве — для поверхностного монтажа, резисторы и конденсаторы — типоразмера 0603. Конденсаторы C1—C4 могут быть выпаяны из неисправных материнских плат или видеокарт. Как правило, конденсаторы, используемые при их монтаже, высокого качества. Вид смонтированной платы показан на **рис. 5**.

Установка платы в разъём проста: например, плату припаивают свободным от маски участком фольги общего проводника к шайбе, которая поджимается гайкой. На плату можно надеть термоусаживаемую трубку, а разъём залить герметиком.

Внешний вид изготовленных автором по описанию двух генераторов показан на **рис. 6**.

После сборки платы необходимо проверить правильность монтажа. Затем необходимо подключить плату к источнику напряжения 9 В через мультиметр в режиме измерения тока. При использовании в генераторе шума транзистора типа MMBT3904 (VT3) и резистора R1 сопротивлением 240 кОм ток должен быть в пределах 120...150 мкА. При использовании в качестве VT3 других типов транзисторов необходимо с помощью лабораторного источника тока и мультиметра найти оптимальный ток и проконтролировать надёжность запуска генератора при изменении напряжения от 8,5 до 10 В (возможное напряжение на батарее). Генерацию шума при этом можно контролировать с помощью радиоприёмника, к входу которого присоединена плата генератора. При токе менее 100 мкА через обратносмещённый переход транзистора сопротивление резистора R1 необходимо увеличить. В качестве VT3 были испытаны транзисторы 2N3904, 2N2222, MMBT2222, BC846. Все они позволяли получить стабильную работу генератора шума. У транзистора BC846 наблюдалось большее падение уровня мощности с выхода ГШ в УКВ-диапазоне.


Рис. 6

Если есть возможность использовать анализатор спектра, то можно узнать абсолютное значение мощности, генерируемое генератором шума. Если в качестве измерительного инструмента использовать S-метр трансивера, необходимо, согласно документации на трансивер, выставить корректные установки предусилителя и аттенюатора. У многих современных трансиверов S-метр откалиброван при включённом предусилителе.

***От редакции**. Файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/noise.zip** на нашем FTP-сервере.*

Прогноз прохождения радиоволн — самостоятельно

Михаил ЛАДАНОВ (R3VL), г. Александров Владимирской обл.

Длительное время в журнале "Радио" публиковались ежемесячные прогнозы прохождения радиоволн. Эти прогнозы готовил **Герман Борисович Ляпин** (UA3AOW, SK) на основании сборников карт Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН). Прогнозы были долгосрочные — от нескольких дней до нескольких недель, месяцев, лет. Процесс прогнозирования радиотрасс был полностью ручным, трудоёмким и длительным. Сами сборники составлялись на основе карт критических частот ионосферы, которые формировались, в свою очередь, на основе данных, полученных от зондов вертикального зондирования ионосферы. Зонды размещены по всей нашей планете, и данные от них собираются в прогностических центрах. Данные о состоянии ионосферы, накопленные за многие десятки лет, позволили учёным сделать вывод о подчинении состояния ионосферы 11-летним циклам солнечной активности. Также стало возможным проводить долгосрочное прогнозирование распространения радиоволн на трассах различной дальности. Однако оправдываемость (точность) долгосрочных прогнозов невысока и составляет около 50 %.

Более высокую точность можно получить при краткосрочном прогнозировании (на несколько суток вперёд) и оперативном (на несколько часов вперёд). Но при этом необходимо иметь текущие ионосферные данные.

С появлением вычислительной техники стала возможной машинная обработка ионосферных данных. Появились и совершенствовались методики прогнозирования, математические модели

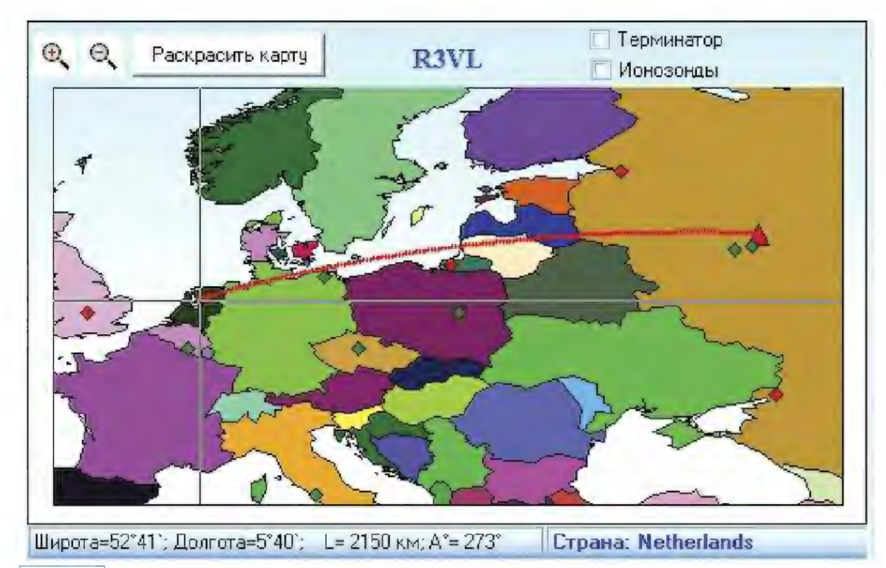


Рис. 1

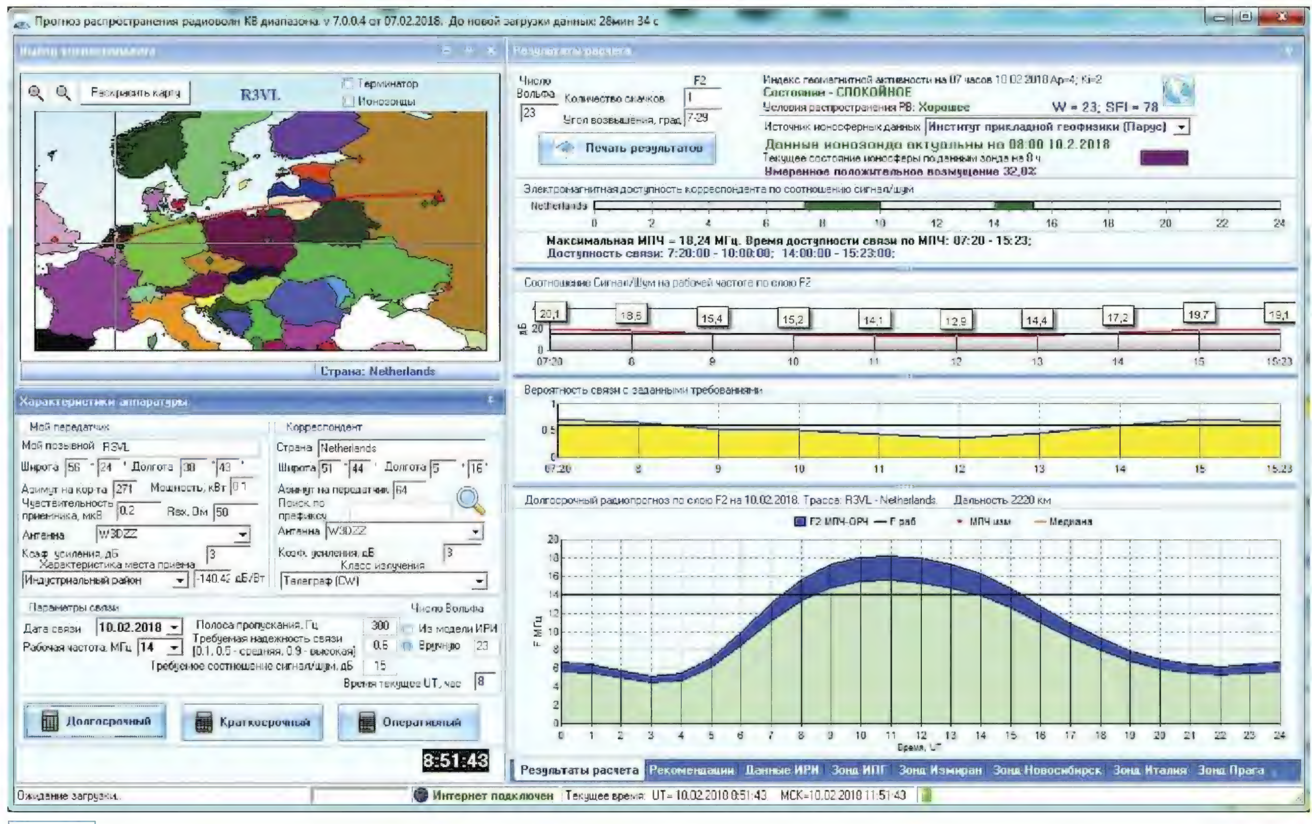


Рис. 2

ионосферы. Наиболее распространённой моделью ионосферы является постоянно совершенствуемая и обновляемая международная справочная модель ионосферы (International Reference of Ionosphere — IRI) [1].

ИРИ — это международный проект, спонсируемый Комитетом по космическим исследованиям (COSPAR) и Международным союзом радиовещания (URSI). Эти организации создали рабочую группу, в которую вошли представители различных стран, в том числе и из России. В конце 60-х годов была создана эмпирическая стандартная модель ионосферы на основе всех доступных источников данных. Для выбранного местоположения, времени и даты IRI предоставляет среднемесячные значения электронной плотности, электронной температуры, температуры ионов и состава ионов в интервале ионосферных высот, критические частоты и другие данные.

Модель и программное обеспечение IRI обновляются в соответствии с решениями Рабочей группы IRI. Пакет программного обеспечения включает в себя подпрограммы на языке FORTRAN, коэффициенты модели, файлы индексов. Достоинством модели является то, что её можно встроить в свои программы.

ИРИ-2016 является глобальной медианной моделью ионосферы (т. е. позволяет строить долгосрочные прогнозы в любой точке земного шара). Несмотря на то что модель является медианной, т. е. в какой-то степени усреднённой, она имеет довольно высокую точность при спокойном текущем состоянии ионосферы. Это подтверждается при сравнении данных модели и данных, полученных зондами вертикального зондирования ионосферы.

Таблица уровней помех (сигналов)

S дбВатт	Вт (50 Ом)	дБмкВ	мкВ	S Meter
-43,01	5.00E-05	93,98	50000,000	S9 + 60 дБ
-53,01	5.00E-06	83,98	5811,388	S9 + 50 дБ
-63,01	5.00E-07	73,98	5000,000	S9 + 40 дБ
-73,01	5.00E-08	63,98	1581,139	S9 + 30 дБ
-83,01	5.00E-09	53,98	500,000	S9 + 20 дБ
-93,01	5.00E-10	43,98	158,114	S9 + 10 дБ
-103,01	5.00E-11	33,98	50,000	S9
-109,03	1.25E-11	27,96	25,000	S8
-115,05	3.13E-12	21,94	12,500	S7
-121,07	7.81E-13	15,92	6,250	S6
-127,09	1.95E-13	9,90	3,125	S5
-133,11	4.88E-14	3,88	1,563	S4
-139,13	1.22E-14	-2,14	0,781	S3
-145,15	3.05E-15	-8,16	0,391	S2
-151,18	7.63E-16	-14,10	0,195	S1

Рис. 3

Разработанные модели ионосферы в Институте прикладной геофизики им. академика Е. К. Фёдорова (ИПГ), Институте Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова (ИЗМИРАН) в этой статье не рассматриваются.

Наиболее доступной методикой прогнозирования распространения радиоволн являются рекомендации P.1240 и P.533 Международного союза электросвязи (МСЭ — ITU) [2], активным членом которого является Российская Федерация.

Имеющиеся к 2009 г. программы прогнозирования не отвечали требованиям текущего дня, а в ряде случаев были представлены только краткими описаниями. Все они были иностранными.

В 2009 г. автором была начата работа по созданию программы прогнозирования распространения радиоволн. Основная трудность, которая ощущается и сейчас, это острая нехватка литературы и ионосферных данных. Неоценимую помощь оказали мои встречи с ведущими российскими учёными в области распространения радиоволн: Н. П. Данилкиным, В. А. Панченко, Г. В. Гивишвили, Ю. К. Калининым.

В мае 2011 г. программа "Прогнозирование распространения радиоволн и доступности связи на заданных частотах" была зарегистрирована в Реестре

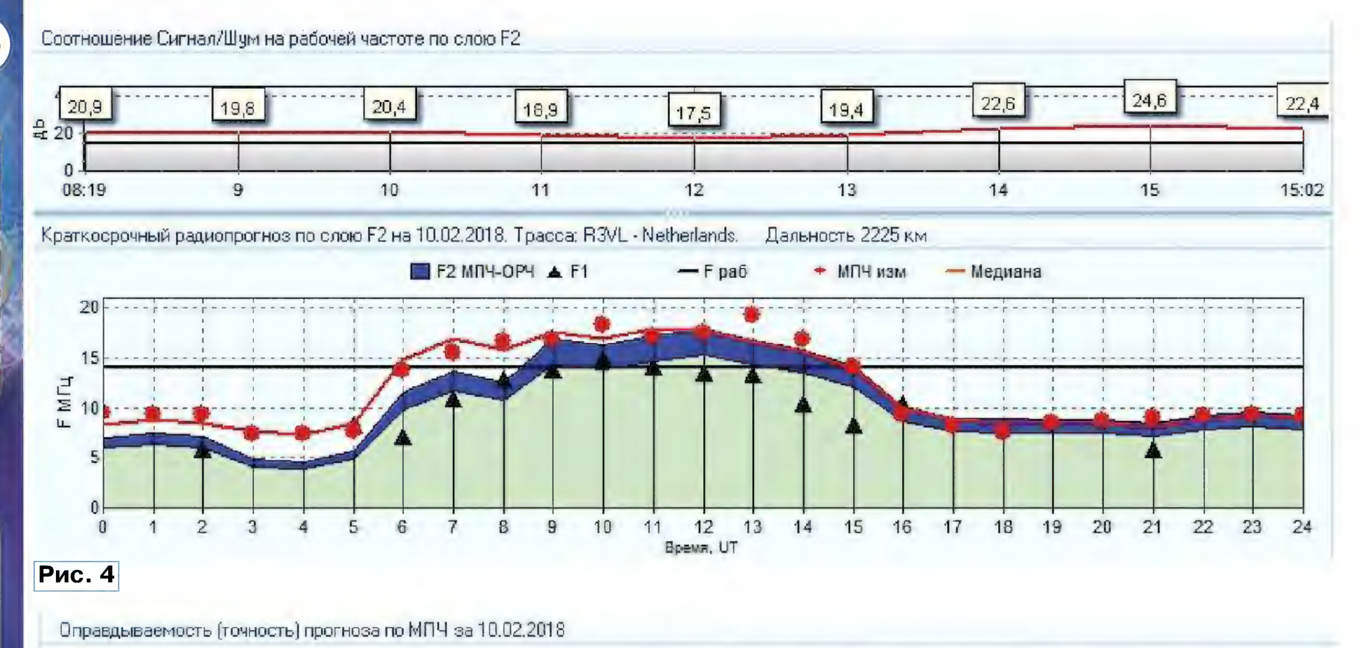


Рис. 4



Рис. 5

программ для ЭВМ РФ [3]. Программа была испытана и успешно функционирует в составе Автоматизированной системы радиоконтроля за излучениями радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации (АСРК-РФ).

За прошедшие годы программа претерпела кардинальные изменения. В конце 2017 г. была подготовлена версия программы для радиолюбителей [4]. Автор старался сделать программу максимально простой в обращении и понятной для пользователя. Программа позволяет для заданных параметров приёмопередающей аппаратуры:

1. Производить расчёт максимально применимых частот (МПЧ) и оптимальных радиочастот (ОРЧ) на трассах любой протяжённости и на любые даты при долгосрочном прогнозировании с использованием модели ИРИ-2016.

2. Производить расчёт оптимальных радиочастот (ОРЧ) на трассах протяжённостью до 3000 км (односкачковые трассы) и свыше 3000 км (многоскачковые трассы) на пять суток вперёд от текущей даты при краткосрочном прогнозировании с использованием данных зондов вертикального зондирования ионосферы.

3. Производить расчёт максимально применимых частот (МПЧ) и оптимальных радиочастот (ОРЧ) на трассах протяжённостью до 3000 км на шесть часов вперёд от текущей даты и текущего времени при оперативном прогнозировании с использованием данных зондов вертикального зондирования ионосферы.

4. Вычислять возможное соотношение сигнал/шум в точке приёма.

5. Вычислять временные отрезки, на которых связь может быть осуществлена.

6. Вычислять вероятность связи для заданной трассы.

7. При наличии подключения к сети Интернет получать данные:

— вертикального зондирования ионосферы от ионозондов в различных странах мира;

— о текущих индексах геомагнитной активности Ap и Ki;

— о текущем состоянии ионосферы;

— об оценке условий распространения радиоволн;

— о значении числа Вольфа (W);

— о значении потока солнечного излучения с длиной волны 10,7 см (SFI);

— последние ионограммы зондов вертикального зондирования ионосферы (Москва, Италия, Прага, Новосибирск).

8. Оценить оправдываемость краткосрочного прогноза.

Программа выполнена полностью на русском языке, при накопленных ионосферных данных может быть автономной (без привязки к Интернету) несколько дней лишь с небольшой потерей функциональности (см. п. 7 выше).

По своей структуре программа представляет собой комплекс из нескольких программ: сервера ионосферного обеспечения, модели ИРИ-2016 и собственно расчётного модуля. Сервер ионосферного обеспечения ежечасно получает ионосферные данные от различных открытых источников в Интернете. К сожалению, данные не всех ионозондов находятся в открытом доступе, а некоторые зонды работают нестабильно. При краткосрочном и оперативном прогнозировании необходимо знать, что каждый ионозонд обслуживает зону ±1500 км по долготе и ±500 км по широте. При этом, чем дальше точка отражения радиолуча от ионозонда, тем точность прогноза выше. В идеале надо знать данные зонда в точке (точках) отражения, но практически это невозможно.

Подробное описание программного комплекса приведено в документации. Рассмотрим практический пример прогнозирования распространения радиоволн на примере нидерландских соревнований PACC, которые проходили с 15:00 UT 10.02.2018 до 15:00 UT 11.02.2018.

Исходные данные для расчётов: мощность передатчика — 100 Вт, антенна — Windom с коэффициентом усиления около 3 дБ, вид работы — телеграф, уровень помех — большой, полоса пропускания приёмника — 300 Гц, требуемое соотношение сигнал/шум — 15 дБ. Данные корреспондента аналогичны моим.

Выберем радиотрассу (**рис. 1**), введём исходные данные и выполним долгосрочный прогноз для частоты 14 МГц. Результаты долгосрочного прогноза показаны на **рис. 2**.

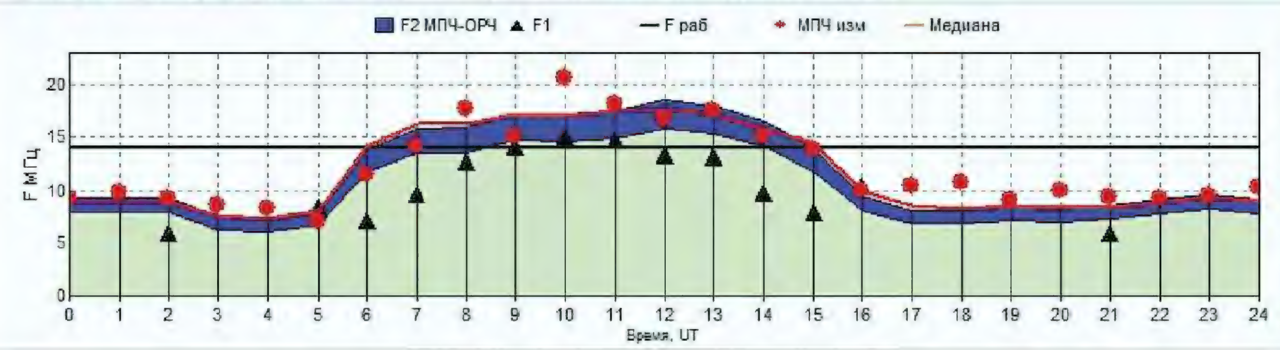


Рис. 6

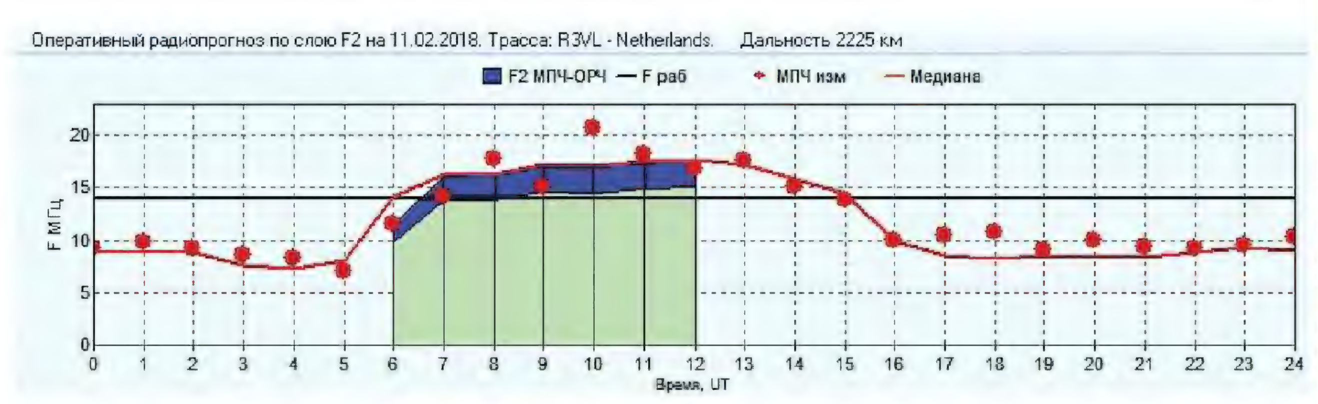


Рис. 7

Из графиков видно, что прохождение радиоволн на Нидерланды на диапазоне 14 МГц должно начаться в 07:26 и закончиться в 15:23. При этом уровни сигналов ожидаются не очень большие — от 12 до 20 дБ или от 2 до 6 баллов по шкале S в таблице уровней помех/сигналов (**рис. 3**). Вероятность связи при наших данных аппаратуры и антенн мала с 12 ч до 14 ч. Если увеличить мощность передатчиков или коэффициенты усиления антенн (применить направленные антенны), то возрастут вероятность связи и уровни ожидаемых сигналов. Так, например, если увеличить мощность передатчика до 1 кВт, то ожидаемые уровни сигналов достигнут 28...32 дБ. А если применить направленную антенну с коэффициентом усиления 5 дБ и передатчик 100 Вт, то уровни возрастут до 20...25 дБ.

Выполним краткосрочный прогноз. На рис. 1 видно, что ближайший ионозонд к точке отражения — это зонд Калининграда. Но он недоступен. Поэтому выберем зонд, расположенный в Германии. Для более удобного представления материала график МПЧ—ОРЧ (максимально применимых частот и оптимальных радиочастот) приведён за все сутки (**рис. 4**). 10 февраля ионосфера была спокойная и прогнозируемые значения, и измеренные шли очень близко к медианным значениям. Накануне, с 6 ч до 8 ч, было понижение МПЧ. Поэтому прогноз показал, что начало прохождения будет в 08:19, а окончание — в 15:02. Реально получилось, что прохождение началось в 06:00. Но это расхождение не отразилось на результатах. Ведь начало соревнований в 12 ч.

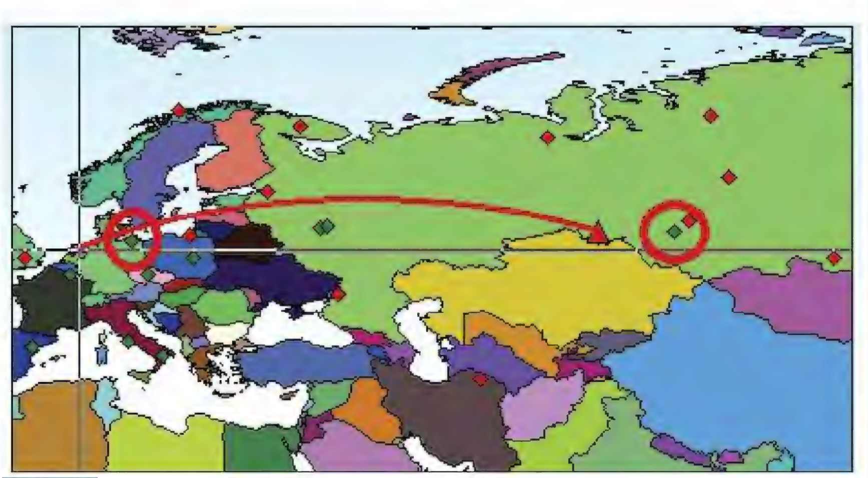


Рис. 8

Начало соревнований не принесло неожиданностей. Нидерландские радиостанции появились вовремя. Уровни сигналов колебались от 5...6 дБ до 70 дБ. Последний нидерландский корреспондент был в 15:15. Точность прогноза от 12 ч и далее получилась очень высокой (**рис. 5**).

Краткосрочный прогноз на 11.02.2018 г. показал следующее (**рис. 6**). Прогнозируемое значение начала прохождения в 06:05. Однако из-за начавшегося в 5 ч небольшого отрицательного возмущения реально первая радиосвязь была проведена в 07:10. То, что связь будет, возможно, позже, можно было увидеть, начиная прогнозирование с 05:00. Оперативный прогноз в 06:00 (**рис. 7**) помог бы уточнить время начала прохождения — 06:37.

Проведённый опрос радиолюбителей на форуме QRZ.RU показал, что действительно начало прохождения было сдвинуто по времени в сторону увеличения.

Выше мы рассмотрели односкачковую трассу. А как поведёт прогноз для дальностей свыше 3000 км, т. е. при многоскачковой трассе, например, Омск — Нидерланды (**рис. 8**)?

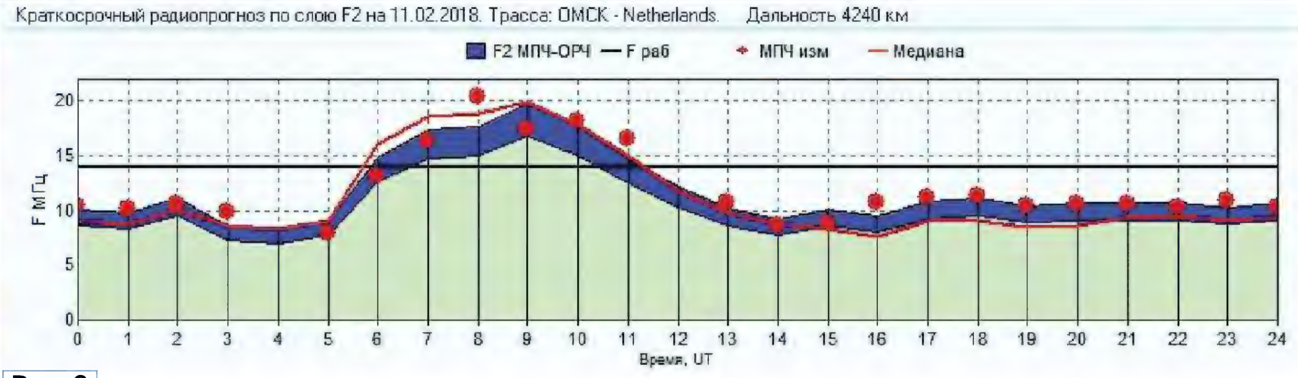



Рис. 9

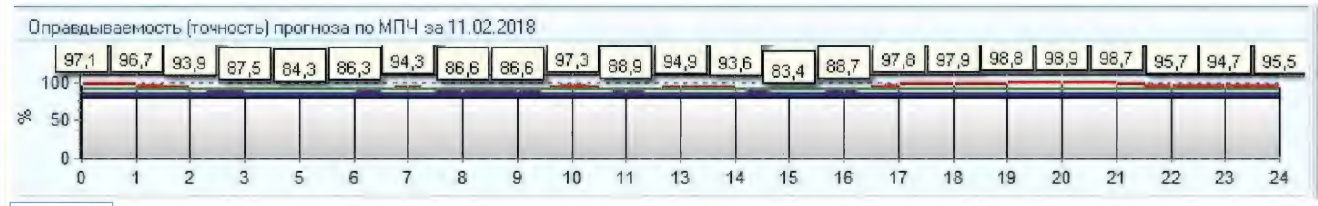


Рис. 10

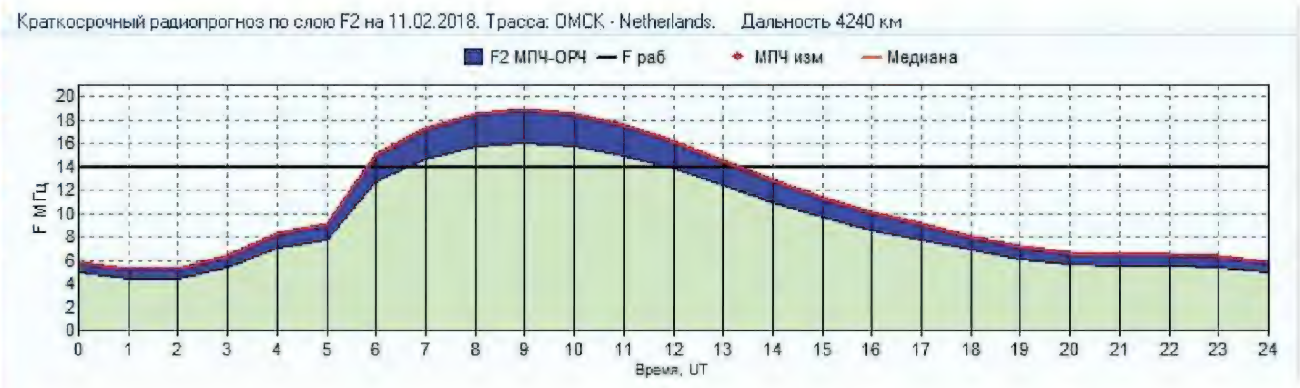


Рис. 11

Я бы рекомендовал выбрать ближайший к Омску ионозонд Новосибирска, а ближайший к Нидерландам — немецкий. И вот результат краткосрочного прогноза (**рис. 9**). Прогнозируемое начало прохождения — 05:51.

По сообщению радиолюбителя Сергея (RA9MX) из Омска, нидерландские станции начали появляться с 05:45 с очень слабыми уровнями. Первую связь он провёл в 06:10. При этом использовалась направленная антенна с коэффициентом усиления около 5 дБ. Работа велась из места с очень небольшими уровнями помех радиоприёму. Точность прогноза для этой трассы высокая (**рис. 10**).

А что делать радиолюбителям, у которых нет поблизости ионозонда? В этом случае может помочь комбинированный прогноз по данным модели ИРИ и данным ионозонда. Рассмотрим трассу из Омска. Только при выборе ионозонда, ближнего к Омску, выберем из списка зондов самое нижнее значение: "Модель ионосферы ИРИ-2016". Результат прогноза показан на **рис. 11**.

Прогнозируемое начало прохождения в 05:49. Практически один к одному с прогнозом по двум зондам. А вот окончание прохождения отличается. Причина проста. При многократном отражении МПЧ считается для каждой точки отражения, а затем выбирается наименьшее значение. В нашем случае МПЧ по ИРИ-2016 оказались меньше МПЧ по немецкому зонду. Тем не менее мы обеспечили себе знание начала работы на диапазоне, что даёт возможность провести большее число радиосвязей.

При резких изменениях состояния ионосферы хорошим подспорьем будет оперативный прогноз. Пример работы с оперативным прогнозом в таких условиях приведён в описании программы.

Для отслеживания характеристик сразу нескольких радиотрасс можно открыть несколько экземпляров программы и считать в каждом экземпляре.

Программа неплохо показала себя и на очень длинных трассах. Так, например, в CQ WW DX телеграфом 2017 г. проверялись трассы с Японией и Северной Америкой. Результат хороший.

Нет сомнения, что сделать стопроцентный прогноз невозможно. Однако иметь механизм, который хоть каким-то образом даёт тебе определённые преимущества, очень желательно.

Длительный анализ работы программы, опыт работы в эфире показывают, что в условиях текущего состояния солнечной активности необходимо "поймать" прохождение радиоволн, используя расчётно-аналитические программы. Кроме того, особую актуальность приобретает состояние своих антенн.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Reference Ionosphere — IRI-2016. — URL: **https://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2016_vitmo.html** (27.04.18).

2. Рекомендации Международного союза электросвязи. — URL: **https://www.itu.int/rec/R-REC-P/en** (27.04.18).

3. Прогноз распространения радиоволн и доступности связи на заданных частотах. — URL: **http://www.radian-m.ru/prognoz.php** (27.04.18).

4. Прогноз распространения радиоволн КВ-диапазона самостоятельно. — URL: **http://radiokontrol.narod.ru/PrognRRW.htm** (27.04.18).

Ультразвуковой дальномер HC-SR04 без микроконтроллера

Часть 3. Выключатель освещения

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Это устройство обеспечивает включение освещения (или другого оборудования, например, сушилки для рук, нагревателя или вентилятора), если в зоне его контроля появляется какой-либо объект. Схема выключателя показана на **рис. 14**. Принцип его действия основан на контроле среднего напряжения на выходе Echo дальномера HC-SR04. Генератор запускающих импульсов собран по схеме мультивибратора на ОУ DA2.1. Для получения требуемых параметров импульса цепи зарядки (VD5R7) и разрядки (R7R8) конденсатора C3 сделаны различными. На ОУ DA2.2 собран компаратор напряжения, который управляет ключом на транзисторе VT1. На неинвертирующий вход ОУ DA2.2 с подстроечного резистора R10 поступает образцовое напряжение, которое определяет дальность обнаружения объекта. Импульсы с выхода Echo дальномера HC-SR04 поступают на интегрирующую цепь R9C5, а уже постоянное напряжение с её выхода — на инвертирующий вход ОУ DA2.2. Через резистор R11 осуществляется положительная обратная связь, благодаря которой введён гистерезис, повышающий помехозащищённость выключателя.

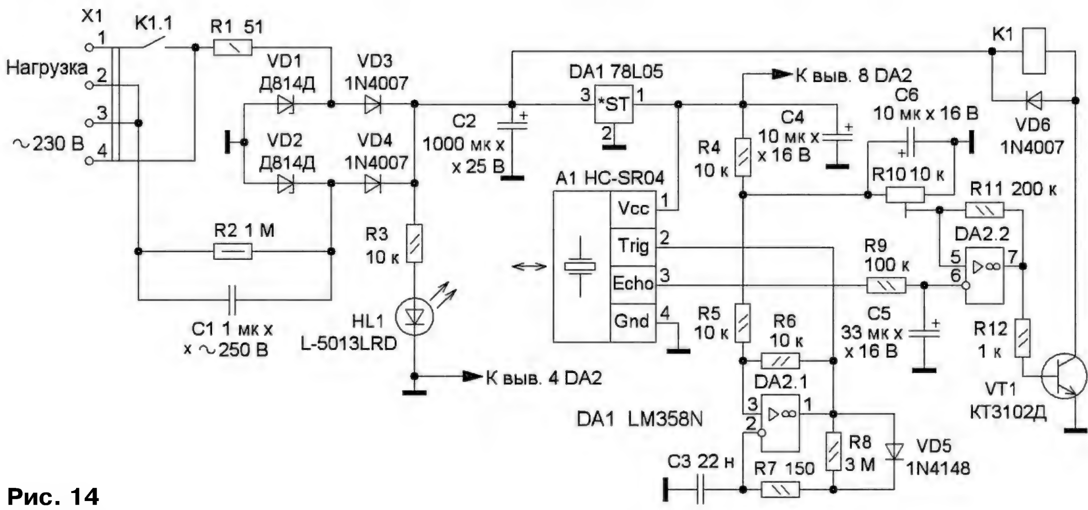


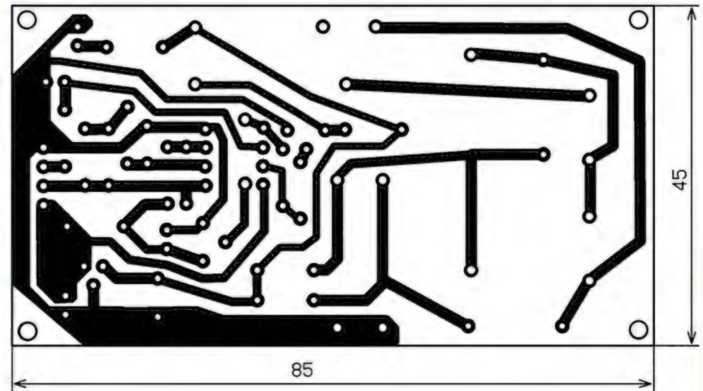
Рис. 14

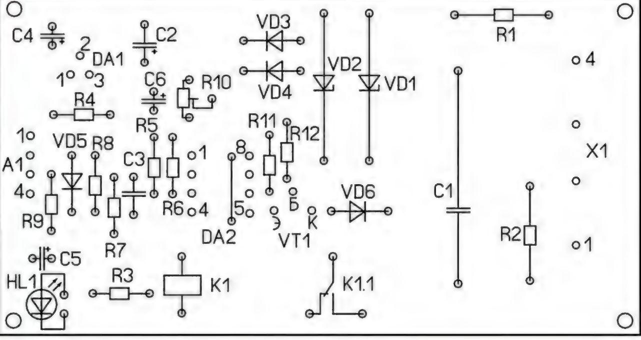
В дежурном режиме длительность импульсов на выходе Echo велика, поэтому на инвертирующем входе напряжение больше, чем на неинвертирующем, а на выходе ОУ DA2.2 будет напряжение, близкое к нулю. Транзистор VT1 закрыт, реле K1 обесточено, поэтому на нагрузку, подключённую к разъёму X1, сетевое напряжение не поступает.

При появлении в зоне контроля выключателя объекта длительность импульсов на выходе Echo дальномера HC-SR04 уменьшается, следом уменьшается постоянное напряжение на выходе интегрирующей цепи и компаратор на ОУ DA2.2 переключается. В результате транзистор VT1 откроется, реле сработает и своими контактами K1.1 подаст сетевое напряжение на нагрузку. При удалении объекта из зоны контроля устройство вернётся в исходное состояние и нагрузка обесточится.

В выключателе применён сетевой источник питания на балластном конденсаторе C1. Резистор R1 ограничивает бросок тока при подключении устройства к сети 230 В. На стабилитронах VD1, VD2 и диодах VD3, VD4 собран мостовой выпрямитель. Причём стабилитроны ограничивают выпрямленное напряжение на уровне 11,5...14 В, а конденсатор C2 сглаживает его пульсации. От этого напряжения питается

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2018, № 4, 5





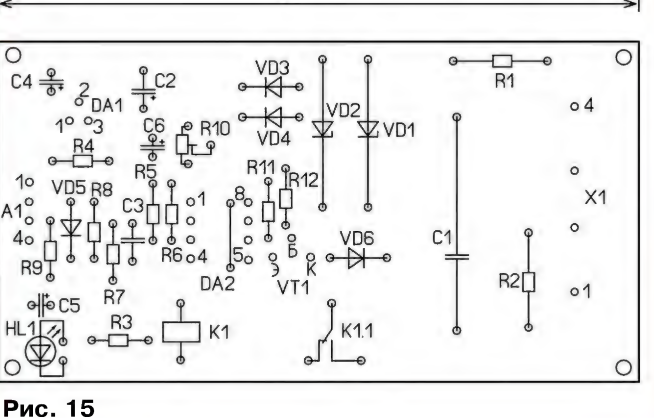


Рис. 15



Рис. 17



Рис. 16

реле K1. Для питания дальномера и микросхемы DA2 применён стабилизатор напряжения DA1. Конденсаторы C4 и C6 дополнительно фильтруют напряжение питания +5 В и образцовое напряжение соответственно. Светодиод HL1 сигнализирует о подаче питания на выключатель.

Все детали устройства размещены на односторонней печатной плате из стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 15**. Применены постоянные резисторы С2-23, Р1-4, МЛТ, подстроечный — импортный или СП3-19, оксидные конденсаторы — К50-35 и импортные, C3 — плёночный или керамический, C1 — плёночный, рассчитанный на работу в сети 230 В. Выпрямительные диоды — любые маломощные с допустимым током 100 мА и обратным напряжением 100 В, стабилитроны — с напряжением стабилизации 12...15 В, допустимым током стабилизации и прямым током не менее 25...30 мА, подойдут, например, импортные 1N4742, 1N4743, 1N4744. Диод VD5 — любой маломощный импульсный. Светодиод — повышенной яркости свечения любого цвета. Применено реле MZP A 001 46 05 с номинальным напряжением обмотки 12 В и её сопротивлением 450 Ом. Мощность коммутируемой нагрузки определяется параметрами контактов реле. Для применённого реле, согласно маркировке на корпусе, допустимый коммутируемый ток — 5 А при напряжении 250 В. Для подключения сети и нагрузки применён клеммник барьерный винтовой серии DG25 с шагом выводов 7,62 мм. Но можно применить и другие, рассчитанные для работы в сети 230 В. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 16**.

Налаживание сводится к проверке надёжного запуска дальномера HC-SR04, при необходимости для этого следует подобрать конденсатор C3. Дальность обнаружения устанавливают подстроечным резистором R10. На этапе налаживания для установки дальномера HC-SR04 на плату можно временно установить гнёзда из серии PSB, например, отрезав четыре штуки от гнезда PSB-10 (DS1023-1×10). После проверки работоспособности и налаживания гнезда можно удалить и впаять дальномер непосредственно в отверстия платы.

Плату размещают в пластмассовый корпус подходящего размера. В корпусе делают отверстия для излучателя и приёмника дальномера (**рис. 17**), а также для соединительных проводов. Для оперативной регулировки чувствительности подстроечный резистор R10 можно снабдить осью, чтобы она выступала из корпуса выключателя.

С помощью реле можно коммутировать и другие источники напряжения, для этого контакты реле надо просто отсоединить от сети 230 В.

Нелишним будет напоминание о том, что все элементы выключателя находятся под напряжением сети 230 В, поэтому нужно обязательно соблюдать технику безопасности. На этапе налаживания выключатель следует питать от лабораторного источника с выходным напряжением 12 В и током до 100 мА. Подключают лабораторный источник параллельно конденсатору C2.

***От редакции**. Чертежи печатной платы в формате Sprint-Layout имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/HC-SR04-3.zip** на нашем FTP-сервере.*

Робот "Бася" на Arduino Uno

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

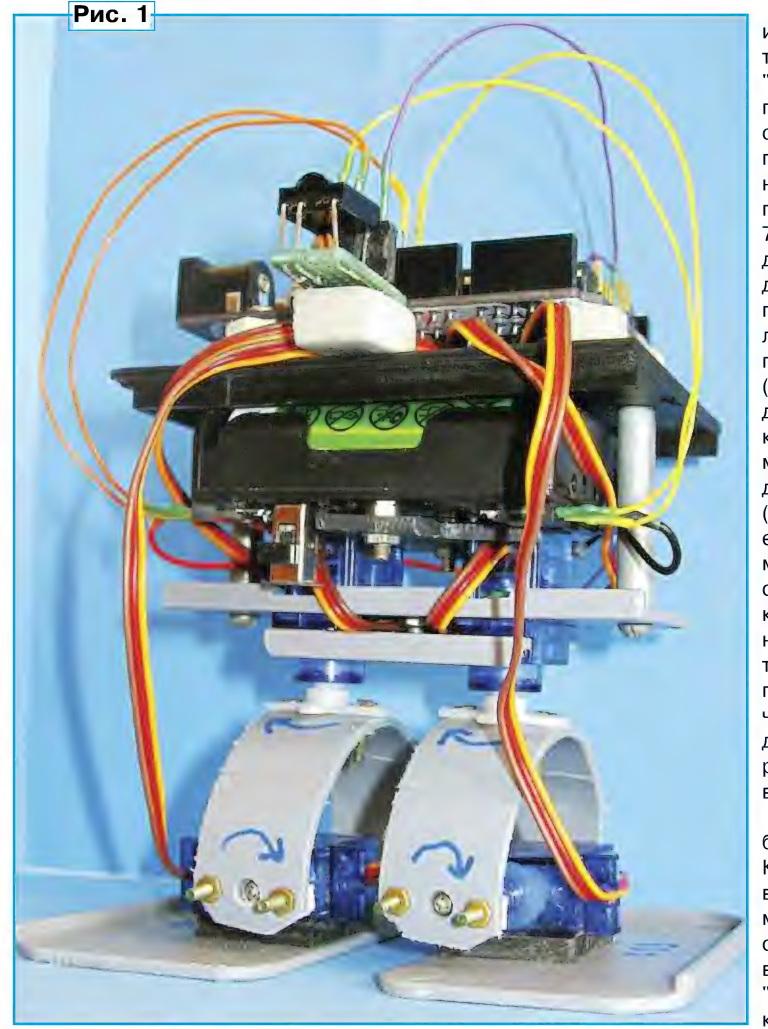
Этот робот собран на основе четырёх сервоприводов SG90, управляемых платой Arduino Uno. Робот подчиняется командам, подаваемым с ИК-пульта ДУ от системы Триколор. При нажатии соответствующих кнопок "Бася" идёт вперёд, пятится назад, разворачивается влево или вправо, останавливается по "стойке смирно", меняет амплитуду походки. Его ходовая часть сходна с такими известными моделями роботов-платформ, как "Дройдик" или "Otto robot".

Внешний вид игрушки показан на **рис. 1**, а схема — на **рис. 2**. Питается игрушка от батареи, состоящей из трёх элементов типоразмера AA (общее напряжение — 4,5 В) повышенной ёмкости или четырёх Ni-Cd аккумуляторов (общее напряжение — 4,8 В).

Изготовление робота начинают с ходовой части. Все её компоненты показаны на **рис. 3**. Основание 1 можно изготовить из отрезка листовой пластмассы размерами 35×80 мм и толщиной 2...3 мм. В нём с помощью ручного лобзика пропиливают два прямоугольных окна для вставки сервоприводов 3 (2 шт.) бёдер. Предварительно с боковых поверхностей сервоприводов нужно удалить шильдики-этикетки. Размеры каждого окна — 23×12 мм. Крепят сервоприводы к основанию 1 с помощью Н-образной пластмассовой пластины-стяжки 2 и винта с гайкой М3. Предварительно в центре пластины-стяжки сверлят сквозное отверстие. К основанию 1 с помощью винтов М3 привинчивают две металлические стойки 4 высотой по 32 мм. "Ноги" 5 робота изготовлены из кольцевых отрезков сантехнической тонкостенной пластиковой трубы диаметром 50 мм. От кольца сделан отрез чуть более половины. Получившаяся пластиковая дуга имеет ширину 20 мм. Для придания ей нужной пластичности на сгибание от её краёв на расстоянии 20...25 мм делают два неглубоких надреза (надкуса) на ширину дуги, используя кусачки пассатижей. Углы краёв дуг "ног" 5, чтобы не мешали поворотам "ступней" 6, обрезаны примерно на глубину 4...5 мм. "Ступни" — пластмассовые, их габаритные размеры — 70×40 мм. С одного края дуга имеет три отверстия, два — для крепления пластмассового коромысла-качалки сервопривода посредством винтов 7 (М2 или меньше) и одно диаметром 4 мм — для крепления самого коромысла к валу сервопривода с помощью самореза (для свободного прохода его головки). В коромыслах просверливаются сквозные отверстия под крепёжные винты, лишние части удаляют. Кроме того, три отверстия расположены в центральной части дуги, они служат для крепления "бёдер" робота к валам сервоприводов.

Конструкцию "ног" робота иллюстрирует **рис. 4**. Коромысла 4 каждого сервопривода 3 крепят с помощью двух винтов. Сами сервоприводы 3 приклеивают "секундным" клеем к "ступням" через пластиковые прокладки 1 тол-

Рис. 1



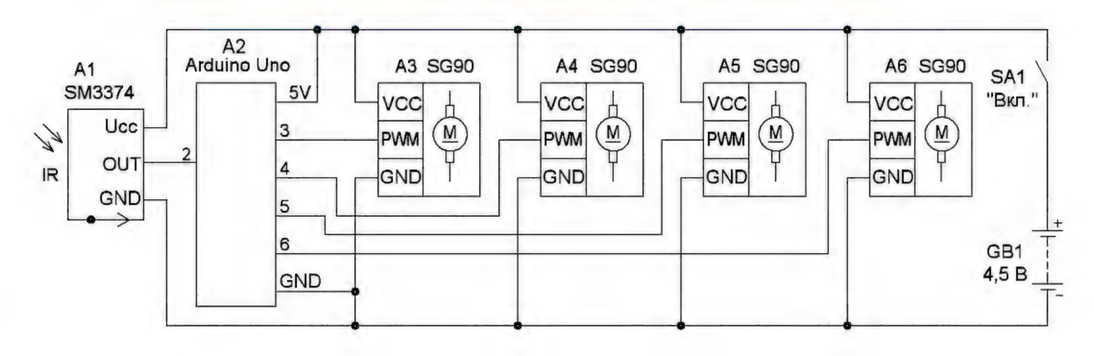


Рис. 2

щиной 3 мм и размерами 22×22 мм. Для удобства провода 7 от сервоприводов фиксируют в крепёжной прорези клеем. На поверхность деталей робота маркером наносятся пояснительные надписи, например, L — левый, R — правый, B — "бедро", S — "ступня", а также номера контактов для подключения к плате Arduino Uno.

Модуль-плата 12 ИК-приёмника — самодельная. Она выполнена из отрезка макетной платы размерами 12×25 мм и содержит, кроме ИК-приёмника и соединительных разъёмов, ещё и керамический конденсатор ёмкостью 0,1 мкФ (на схеме не показан), подключённый к цепи питания и общему проводу.

Рис. 3

Стрелками можно указать направления движения коромысел относительно корпуса сервопривода в сторону увеличения угла. Такие метки облегчат процесс налаживания изделия. Контактные разъёмы сервоприводов собирают в один пакет 5, соблюдая очерёдность следования расположению сервоприводов и выводов на плате, и стягивают полоской изоляционной ленты.

Вторые опоры 6 точки "ног" на "ступни" 2 изготовлены из отрезков пластмассы толщиной 3 мм и размерами 8×17 мм. В их торцевой поверхности просверлены сквозные отверстия для штифтов. Отверстие такого же диаметра сверлят на краю дуги в середине. Штифт — отрезок стальной проволоки диаметром 1...2 мм и длиной 10...15 мм — с небольшим усилием вставляют в отверстия.

Далее (см. рис. 3) изготавливают крепление для батарейного отсека 8, рассчитанного на три или четыре элемента типоразмера AA. К нему снизу привинчивают Н-образную пластину 9. Она крепится к отсеку парой винтов с потайной головкой в штатные отверстия, имеющиеся в отсеке. Под пластину подкладывают шайбы. Размеры выемок пластины 9 подобраны так, чтобы отсек плотно надевался сверху на корпусы сервоприводов 3. На свободной поверхности приклеивают разъёмы питания 10 и выключатель питания 11, а также монтируют электрические провода.

Второе основание 13 предназначено для крепления платы Arduino Uno, платы 12 ИК-приёмника и выполнено из пластмассы толщиной 3 мм. Оно имеет размеры 65×85 мм. По его краям на расстоянии 68 мм друг от друга просверлены два отверстия для крепления к стойкам 4. На основание 13 приклеены стойки 14 (отрезки стирательной резинки отечественного производства) для крепления плат на винты-саморезы 16. Такие стойки предохраняют платы от вибраций и ударов, они легко монтируются и демонтируются, допускают многократное закручивание и выкручивание винтов-саморезов.

Удобно сначала привинтить их к плате Arduino Uno, а потом приклеить вместе с ней к основанию 13.

Соединение всех узлов, в соответствии со схемой, осуществляют с помощью отрезков монтажных проводов 15 длиной 120...140 мм. Контактные штырьки выполнены из отрезков стальных канцелярских или строительных скоб. Места пайки закрыты отрезками термоусаживаемой трубки диаметром 2 мм.

В конструкции применены широко распространённые сервоприводы SG90. Их монтаж следует проводить при положении валов вблизи угла поворота 90°. Для этого, проворачивая их с помощью качалки между крайними положениями, находят среднее и оставляют вал в нём. В штатный комплект сервопривода входят по два самореза для их крепления. Их удобно использовать для крепления платы Arduino Uno и платы ИК-приёмника SM3374.

В скетче заложены следующие основные функции: поочерёдно-попарный поворот коромысла сервоприводов, реализуя различные направления и способы передвижения, отслеживают нажатия управляющих кнопок ИК-пульта в паузах между поворотами валов сервоприводов. Для корректной

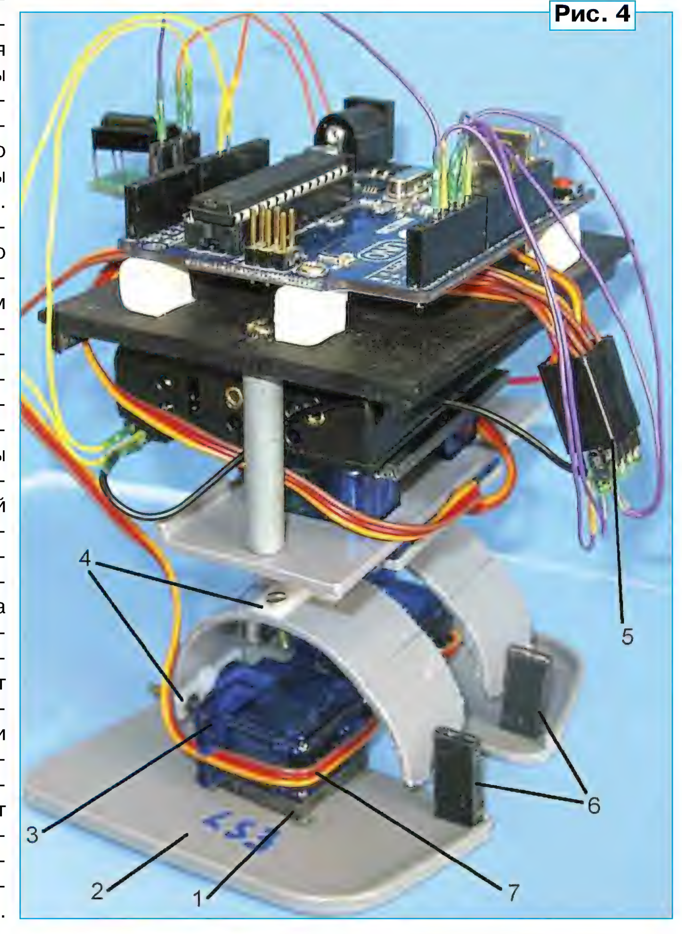


Рис. 4

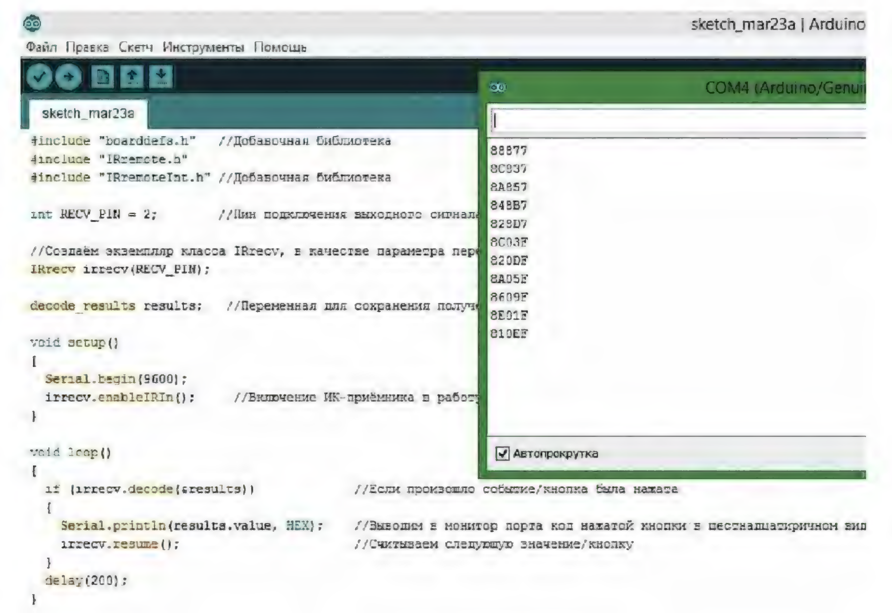


Рис. 5

работы основного скетча необходимо произвести несколько предварительных действий, проверяя их на вспомогательных скетчах. Для успешного использования ИК-канала управления желательно ознакомиться со статьёй "Передача данных в инфракрасном диапазоне при помощи Arduino". — URL: **http://arduino.on.kg/peredacha-dannyh-v-infrakrasnom-diapazone-pri-pomoshchi-Arduino** (09.04.18).

По ссылкам с этого ресурса следует скачать архив библиотеки IRremote (основной и добавочные) и установить их на свой компьютер, используя Arduino IDE. Затем воспользоваться примером скетча (sketch_mar23a), выводящего в монитор порта коды нажимаемых кнопок имеющегося ИК-пульта, например, от системы спутникого телевидения "Триколор". Эти действия поясняет **рис. 5**. Фиксируя соответствия кодов и кнопок в основном скетче, можно редактировать их функциональное назначение применительно к управлению с помощью используемого ИК-пульта (**рис. 6**). При этом плату Arduino Uno следует запитать от USB-разъёма, отключить батарейное питание и все сервоприводы, оставив подключённым только ИК-приёмник А1 (см. рис. 2).

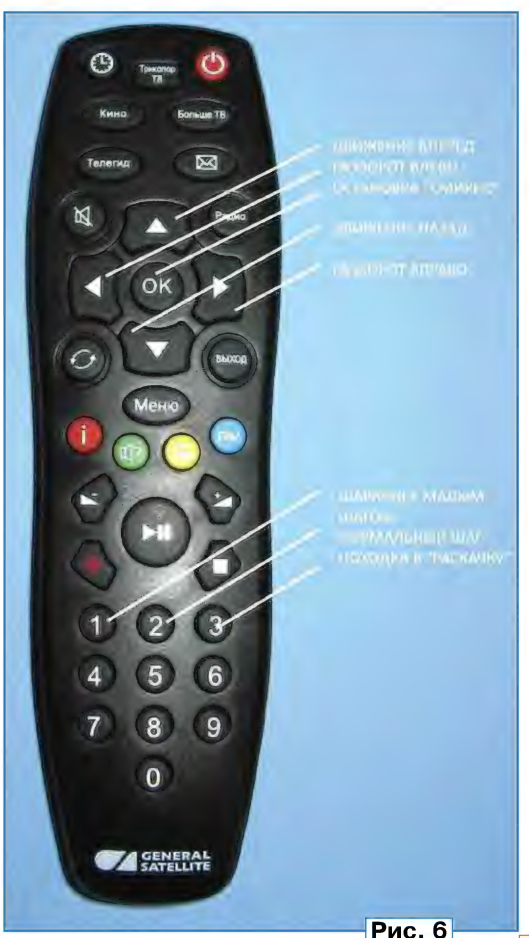


Рис. 6

На следующем этапе нужно произвести настройки исходных положений валов сервоприводов вблизи угла их поворота 90° и добиться по возможности прямохождения робота. Для этого используют скетч sketch_mar24a.

В следующих строках скетча нужно экспериментально подобрать необходимые числовые значения переменных. Следует заметить, что приёмник ИК-сигналов нужно временно отключить, оставив только питание сервоприводов

int a03=90;int a04=95;int a05=90;int a06=80;//переменные для углов начального положения конечностей;

int da=20;//переменная амплитуды изменения угла в градусах для стоп;

int db=20;//переменная амплитуды изменения угла в градусах для бедра.

Установив требуемые значения переменных, результирующий скетч надо отредактировать под свой экземпляр робота и после произвести его загрузку, предварительно восстановив исходную схему робота (см. рис. 2). При использовании робота на другой поверхности может потребоваться повторная настройка значений переменных в скетче.

Чтобы самостоятельно модернизировать имеющийся скетч, нужно знать несколько основных приёмов программного описания движений робота. Реализация его движений основана на использовании в скетче функций встроенной библиотеки Servo. Одновременно поворачивать валы нескольких сервоприводов она не может, однако при движении робота создаётся именно такое впечатление. На самом деле происходит поворот коромысла каждого сервопривода последовательно, но на небольшой угол. Сложное движение удобно разбивать на такты, в течение которых "работает" только часть сервоприводов, а остальные пока отключены. Опрос датчиков удобно выносить в отдельную функцию, к которой обращаются в паузах, когда не требуется движений сервоприводов. Возможности ИК-пульта управления позволяют дополнить движения робота регулировкой их скорости (переменные **n, n1**), ширины шага (переменная **db**). Дополнительно можно ввести различные сценарии движения на месте, например, переминание с "ноги" на "ногу".

Конструкцию можно уменьшить в размерах, если использовать плату Arduino Pro Mini, аккумуляторы от сотового телефона на 3,7 В и сервоприводы меньших габаритов, например, GS-5010MG, GS-3707.

Для управления "Басей" можно применить смартфоны с ИК-портом, используя приложение QuickRemote для Android. Например, в модели смартфона LG G4 данное приложение уже предустановлено.

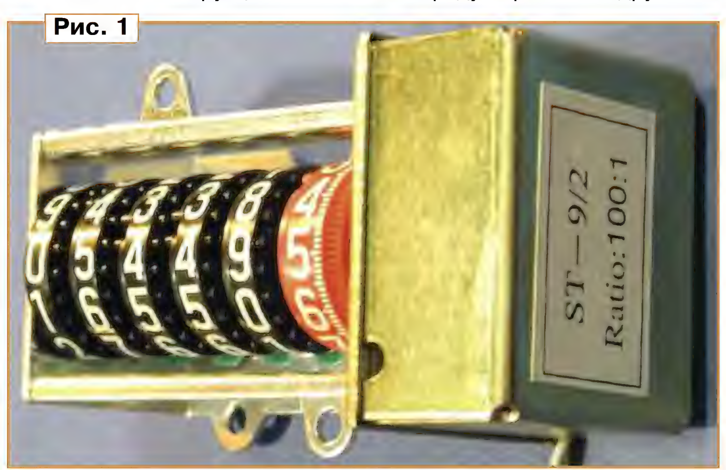
***От редакции**. Скетчи для Arduino Uno и демонстрационный ролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/robot2.zip** на нашем FTP-сервере.*

Электромеханический секундомер

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Счётчики электрической энергии, установленные в сети переменного тока напряжения 230 В, 50 Гц, имеют ограниченный срок службы и относительно небольшой межповерочный интервал. Зачастую вместо выполнения плановой поверки счётчика выгоднее и целесообразнее заменить его новым, многотарифным. Оставшиеся ненужными электросчётчики можно применить как доноры деталей для различных радиолюбительских конструкций.

Рис. 1

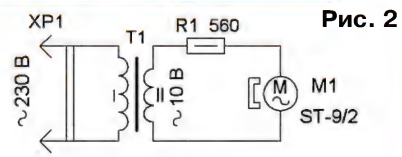


Электромеханический однофазный счётчик электрической энергии СЭТ1-1-1, произведённый в 2003 г., оснащён маломощным электродвигателем переменного тока ST-9/2, который через редуктор 100:1 вращает младший десятичный разряд (**рис. 1**) декадного механического счётчика. При экспериментах с этим электродвигателем выяснилось, что если на него подать напряжение переменного тока частотой 50 Гц, то целочисленные разряды счётчика будут отсчитывать число секунд, в течение которых работал электродвигатель. Напряжение питания на такой электродвигатель можно подать по схеме **рис. 2**, при этом потребляемый ток — около 4 мА. Поэтому можно применить маломощный понижающий трансформатор.

Максимальное число секунд, которое может отсчитать такой секундомер, — 99999, оно задано числом целочисленных разрядов, т. е. общая продолжительность счёта немногим больше 27 ч. Используя соответствующие схемы включения, такой секундомер можно применить, например, для подсчёта времени работы какого-либо электроприбора, работающего от сети переменного тока, например, пылесос, холодильник, водонагреватель. К сожалению, электродвигатель работает относительно шумно и, установленный в комнате для отдыха, может создавать дискомфорт.

Электродвигатель ST4-09 от счётчика ЦСЭ1-ПКЯ, также имеющий редуктор 100:1, к сожалению, работал нестабильно — после включения питания направление вращения было произвольным. Нужное направление вращения было у электродвигателей от электромеханических счётчиков компании "Энергомер", но их редукторы имеют другой коэффициент деления, что потребует дополнительных расчётов для перевода числовых значений в единицы времени.

Рис. 2



Следует отметить, что электросчётчики СЭТ1-1-1 и ЦСЭ1-ПКЯ (Я — Ярославль) имели один и тот же конструктивный дефект — сильный разогрев токоограничивающего резистора МЛТ-1 сопротивлением 470 Ом и монтажной платы под ним. Этот резистор включён последовательно с балластным конденсатором К73-17с ёмкостью 0,47 мкФ на номинальное напряжение 630 В или даже 400 В (!). Такой подход отечественных разработчиков таит в себе опасность выхода из строя круглосуточно работающего электроприбора. Если вы продолжаете использовать такие электросчётчики, желательно их заменить более надёжными моделями.

***От редакции**. Демонстрационный ролик, иллюстрирующий работу устройства, находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/secunda.zip** на нашем FTP-сервере.*

Викторина

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

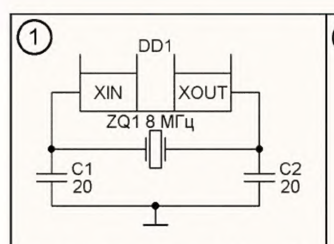
Любому микроконтроллеру нужен тактовый генератор, синхронизирующий работу всех его узлов и блоков. Он может быть внешним или внутренним, с кварцевым или керамическим резонатором, с частотозадающей RC-цепью. На фрагментах схем в **таблице** условно показаны генераторные секции микроконтроллеров общего назначения с входом XIN, выходом XOUT и их "обвязкой". В разных микроконтроллерах, как правило, по патентным соображениям эти выводы называются поразному: XTAL1 и XTAL2, X1 и X2, OSC1 и OSC2, но суть дела от этого не меняется. Один из них служит входом, а другой — выходом базового узла генератора, находящегося внутри микроконтроллера.

На каждый сопровождающий фрагменты схем вопрос даны два ответа — 0 или 1, один из которых неправильный. Если записать цифры, соответствующие выбранным ответам, слева направо в одну строку, то получится 16-разрядное двоичное число. Его следует перевести в десятичную систему счисления. В этом сможет помочь "Калькулятор" Windows, переведённый в вид "Программист". Если все ответы были правильными, получится 55157.

***От редакции**. Правильные ответы и пояснения к ним будут даны в следующем номере журнала.*

"Тактирование микроконтроллеров"

1

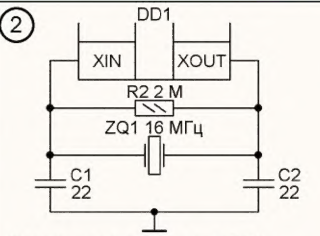


По какой схеме построен тактовый генератор микроконтроллера?

0 — индуктивной трёхточки;

1 — ёмкостной трёхточки

2

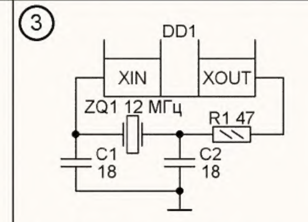


Для чего здесь резистор R1?

0 — повышает стабильность частоты;

1 — облегчает запуск

3

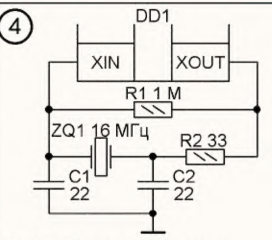


Для чего здесь резистор R1?

0 — уменьшает мощность, рассеиваемую на кварцевом резонаторе;

1 — согласует нагрузку с выходом XOUT

4

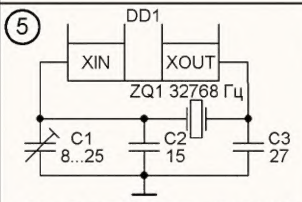


Что будет, если поменять местами резисторы R1 и R2?

0 — генерация продолжится;

1 — генерация прекратится

5

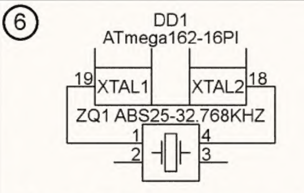


Что подстраивают конденсатором C1?

0 — тактовую частоту микроконтроллера;

1 — скважность импульсов

6

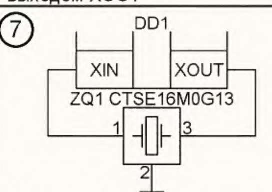


Где находятся конденсаторы, подключённые к кварцевому резонатору?

0 — внутри корпуса резонатора;

1 — внутри микроконтроллера

7

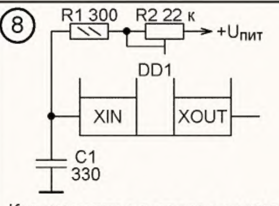


Где находятся конденсаторы, подключённые к кварцевому резонатору?

0 — внутри корпуса резонатора;

1 — внутри микроконтроллера

8

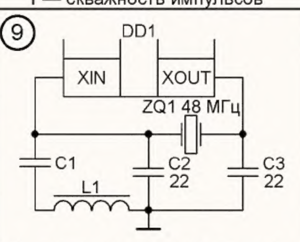


Как изменится тактовая частота микроконтроллера при перемещении движка подстроечного резистора вправо (по схеме)?

0 — понизится;

1 — повысится

9

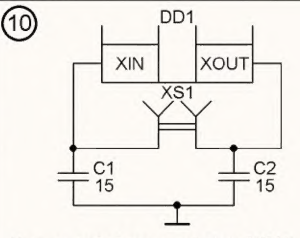


На какую частоту должен быть настроен контур L1C1?

0 — 16 МГц;

1 — 48 МГц

10

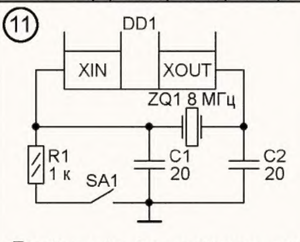


Что подключают к гнёздам XS1?

0 — осциллограф;

1 — кварцевый резонатор

11

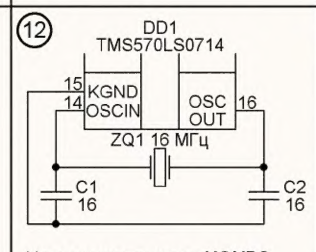


Прекратится ли генерация при замкнутом выключателе SA1?

0 — нет;

1 — да

12

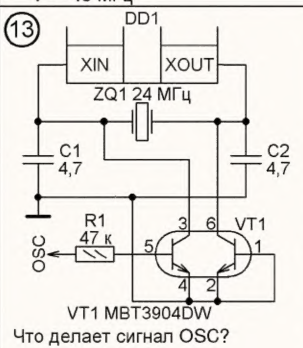


Назначение вывода KGND?

0 — организация обр. связи;

1 — устранение помех

13

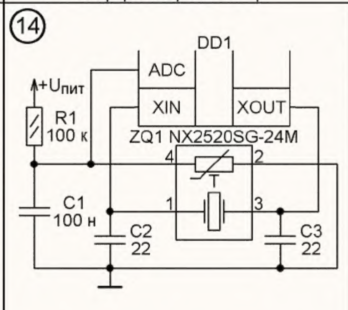


Что делает сигнал OSC?

0 — включает и выключает генерацию;

1 — изменяет частоту

14

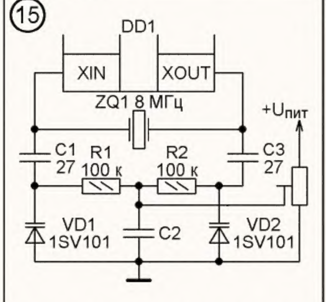


Влияет ли термистор на частоту кварцевого резонатора?

0 — да;

1 — нет

15

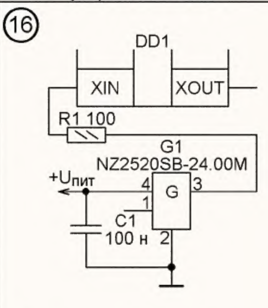


Что будет при перемещении движка переменного резистора R1 вверх (по схеме)?

0 — частота увеличится;

1 — частота уменьшится

16



Для чего предназначен резистор R1?

0 — уменьшает амплитуду сигнала;

1 — подавляет паразитные колебания

Доработка термостатов W1209 и W1301

В. ШИШКИН, г. Верхняя Тура Свердловской обл.

Сейчас с помощью Интернета можно приобрести различные полезные электронные устройства и модули. Среди них, например, платы термостатов W1209, W1301 и аналогичные. Главное их преимущество — микропроцессорное управление, лёгкость настройки,

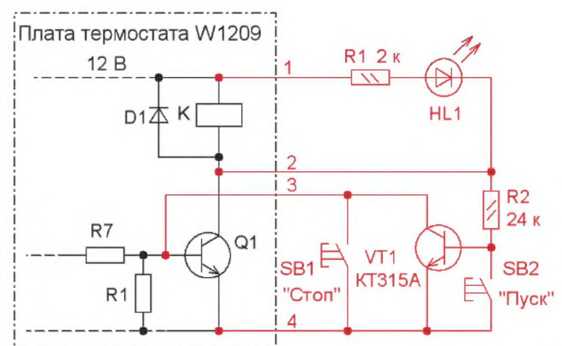
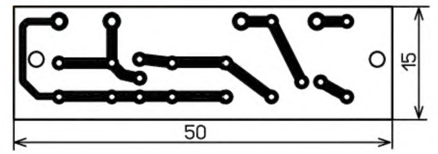



Рис. 1

небольшие габариты, хороший внешний вид, невысокая цена. Конечно, есть и недостатки, среди которых невысокая точность и заметная нелинейность измерения во всём интервале температур. Тем не менее они широко используются во многих конструкциях. Эти термостаты работают, постоянно включаясь и выключаясь, поддерживая установленную температуру. Но иногда требуется отработка всего одного цикла, нагрев до определённой температуры и полное отключение. Для этого, конечно, можно установить ещё одно реле с дополнительными контактами для блокировки, но можно сделать иначе. Если добавить к этим термостатам несколько деталей, это позволит организовать кнопочное управление. Схема доработки показана на **рис. 1**. Все новые элементы и соединения выделены цветом. Номера проводников для подключения к плате термостата показаны условно.

Работает устройство так. При подаче питающего напряжения транзистор Q1 закрыт, поэтому на его коллекторе присутствует напряжение 12 В. Через резистор R2 напряжение поступает на базу транзистора VT1, поэтому он открыт и шунтирует переход база—эмиттер транзистора Q1. Теперь даже при подаче с микроконтроллера открывающего напряжения



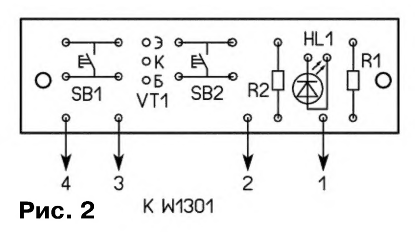


Рис. 2

транзистор Q1 останется закрытым и реле К будет обесточено. В таком состоянии устройство может находиться сколько угодно долго. Если нажать на кнопку SB2 "Пуск", транзистор VT1 закроется. При наличии открывающего напряжения с выхода контроллера термостата транзистор Q1 откроется, напряжение на его коллекторе уменьшится и реле К включится, поэтому при отпускании кнопки SB1 устройство останется в этом положении. Чтобы отключить реле, нужно чтобы с микроконтроллера на базу транзистора Q1 поступил сигнал низкого уровня. Сделать это можно и вручную, нажав на кнопку SB1 "Стоп".

Такую доработку можно сделать и в других термостатах с аналогичной схемой выходного каскада, главное условие — наличие резистора R7. Этот резистор может иметь разное позиционное обозначение и сопротивление, в термостате W1209 его номинал — 2 кОм, в термостате W1301 — 4,7 кОм.

Все дополнительные детали смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы показан на **рис. 2**.

Можно применить резисторы МЛТ, С2-23, транзистор КТ315А — заменить любым из серий КТ312, КТ315, КТ3102 или импортным С945. Кнопки SB1, SB2 — тактовые RLS7-TS6601 с длинным толкателем, чтобы они выступали над панелью. Для термостата W1209 светодиод HL1 и резистор R1 устанавливать не нужно, потому что штатный светодиод подключён параллельно реле: для термостата W1301 эти элементы нужны — подойдёт маломощный светодиод любого цвета свечения. Смонтированную плату можно закрепить на передней панели термостата.

***От редакции**. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2018/06/termo.zip** на нашем FTP-сервере.*

Изготовление перемычек из провода МГТФ

В. УТЮЖНИКОВ, г. Иркутск

Перелистывая журналы "Радио" прошлых лет, я обратил внимание на статью [1], в которой рассматривался вопрос об изготовлении перемычек из провода МГТФ. Мне сразу же вспомнился эпизод из своей трудовой деятельности. Радиозавод, на котором я работал, осваивал новое изделие, в котором впервые для нас стал применяться провод МГТФ. Проблемы, описанные автором упомянутой статьи, были успешно решены после того, как в результате патентного поиска было найдено описание к авторскому свидетельству [2]. Суть предложенного автором техпроцесса заключалась в том, что пучок заготовленных по длине перемычек опускали торцом сначала во флюс, а затем на некоторое время в тигель с расплавом припоя. Вынимали, а затем повторяли те же операции с другим торцом проводов. И всё. Глубину погружения, время выдержки, температуру и состав припоя подбирали экспериментально до получения заданных технической документацией параметров перемычек.

Для радиолюбителей такой техпроцесс, конечно, слишком сложен, особенно если надо изготовить всего несколько перемычек. Но проверить и применить предложенный автором изобретения способ просто. Надо аккуратно нагреть над пламенем зажигалки провод МГТФ, но не самый кончик, а на расстоянии 3...5 мм от него, чтобы не оплавить огнём и не окислить медные жилы, которые появляются из-под осаживающейся изоляционной оболочки провода. А затем залудить их обычным способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мороз К.** Изготовление перемычек из провода МГТФ. — Радио, 2013, № 5, с. 21, 22.

2. **Акбердин Р. М.** Способ лужения проводников с фторопластовой изоляцией. Описание к авторскому свидетельству № 235124. — URL: **http://patents.su/1-235124-sposob-luzheniya-provodnikov-s-ftoroplastovojjizolyaciejj.html** (24.04.18)).

2018 ВЫСТАВКА EXPO ELECTRONICA



ООО "АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания" — российский производитель модулей и блоков вторичного электропитания.

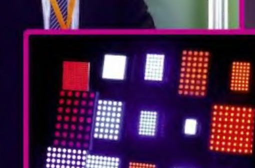


На стенде рижского завода полупроводниковых приборов АО "Альфа".



Betlux Electronics — известный производитель светодиодов и индикаторов.

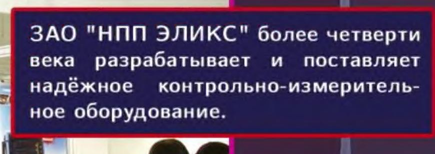


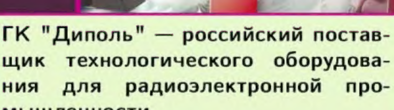




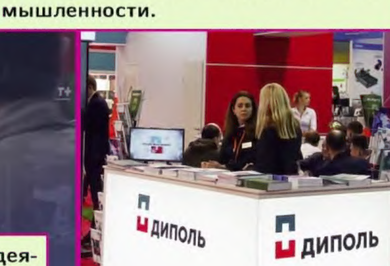
Холдинг PCB Professional специализируется на производстве электронных изделий для гражданских и оборонных целей.

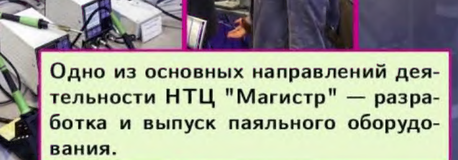
ЗАО "НПП ЭЛИКС" более четверти века разрабатывает и поставляет надёжное контрольно-измерительное оборудование.





ГК "Диполь" — российский поставщик технологического оборудования для радиоэлектронной промышленности.





Одно из основных направлений деятельности НТЦ "Магистр" — разработка и выпуск паяльного оборудования.

В рамках выставки Ассоциация IPC провела конкурс ручной пайки.